

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА імені О. М. БЕКЕТОВА

МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ

до виконання самостійної, контрольної та розрахунково-графічної роботи

з навчальної дисципліни

«ХІМІЯ»

*(для студентів I курсу денної та заочної форм навчання, спеціальності
206 – Садово-паркове господарство, 205 – Лісове господарство,
192 – Будівництво та цивільна інженерія освітня програма «Гідротехніка
(водні ресурси)»), 183 – Технології захисту навколишнього середовища)*

Харків
ХНУМГ ім. О. М. Бекетова
2019

Методичні рекомендації до виконання самостійної, контрольної та розрахунково-графічної роботи з навчальної дисципліни «Хімія» (для студентів 1 курсу денної та заочної форм навчання, спеціальності 206 – Садово-паркове господарство, 192 – Будівництво та цивільна інженерія освітня програма «Гідротехніка (водні ресурси)», 183 – Технології захисту навколишнього середовища) / Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова ; уклад. : І. С. Зайцева, Т. Д. Панайотова, О. О. Мураєва. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2019. – 104 с.

Укладачі: канд. хім. наук, доц. **І. С. Зайцева**,
канд. хім. наук, доц. **Т. Д. Панайотова**,
канд. хім. наук, доц. **О. О. Мураєва**

Рецензент

С. В. Нестеренко, кандидат технічних наук, доцент кафедри хімії Харківського національного університету міського господарства імені О. М. Бекетова

Рекомендовано кафедрою хімії, протокол № 3 від 23.10.2015.

Зміст

	Стор
Загальні зауваження.....	4
Завдання 1. Основні поняття і закони хімії.....	5
Завдання 2. Будова атома. Періодичний закон Д. І. Менделєєва.....	9
Завдання 3. Хімічна кінетика і хімічна рівновага.....	17
Завдання 4. Хіміко-термодинамічні розрахунки.....	24
Завдання 5. Розчини. Способи вираження складу розчину.....	27
Завдання 6. Фізико-хімічні властивості розчинів.....	33
6.1 Електроліти. Дисоціація. Ступінь і константа дисоціації. Йонний добуток води. Водневий показник рН.....	33
6.2 Гідроліз солей.....	37
6.3 Колігативні властивості розбавлених водних розчинів неелектролітів і електролітів.....	40
Завдання 7. Окисно-відновні реакції	46
Завдання 8. Електродні потенціали. Гальванічні елементи	50
Завдання 9. Гідрокарбони.....	57
Завдання 10. Спирти. Альдегіди. Карбонові кислоти.....	71
Завдання 11. Жири.....	77
Завдання 12. Вуглеводи.....	86
Використані джерела.....	99
Додатки.....	100

ЗАГАЛЬНІ ЗАУВАЖЕННЯ

У процесі вивчення дисципліни «Хімія» важлива роль відводиться самостійній роботі студентів, яка є невід'ємною складовою частиною процесу підготовки фахівців, сприяє кращому засвоєнню і практичному застосуванню теоретичного матеріалу, є визнаним і дієвим засобом набуття і розвитку творчого мислення і самовдосконалення студентів. Цілком очевидно, що успішне засвоєння дисципліни ефективно лише при умові систематичної і активної участі у процесі навчання самих студентів.

Одним зі шляхів активізації вивчення дисципліни є збільшення часу, що витрачає студент на самостійну роботу, а ефект самостійної роботи буде тим вищим, чим краще вона організована. Мета цих методичних вказівок – допомогти студентам у правильній і раціональній організації самостійної роботи під керівництвом і контролем викладачів.

Методичні вказівки містять 12 завдань з головних тем дисципліни «Хімія», що охоплюють практично весь курс і наступні питання: *основні поняття і закони хімії; будова атома. Періодичний закон Д. І. Менделєєва; хімічна кінетика і хімічна рівновага; хіміко-термодинамічні розрахунки; розчини. Способи вираження складу розчину; фізико-хімічні властивості розчинів; окисно-відновні реакції; електродні потенціали. Гальванічні елементи; основні класи органічних сполук. Вуглеводні; спирти. Альдегіди. Карбонові кислоти; жири; вуглеводи; додатки, необхідні для розв'язування задач.* У кожному завданні міститься по 25 варіантів задач.

Кожне завдання нумерується шляхом додавання цифри до номеру розділу (наприклад, 1.1; 1.2; 1.3;...1.25; 10.1; 10.2; 10.3;...10.25 тощо). Безпосередньому виконанню роботи передуює вивчення теоретичного матеріалу і засвоєння алгоритмів розв'язування типових прикладів завдань, наведених у даних вказівках з відповідних тем.

Кожен студент виконує індивідуальний варіант самостійної (контрольної, розрахунково-графічної) роботи, номер якого визначає викладач.

Номери й умови завдань *необхідно переписувати* в тій послідовності, в якій вони вказані у варіанті контрольної роботи. Відповіді на теоретичні питання і розв'язання задач слід надаватися з докладними поясненнями.

Контрольна робота повинна бути акуратно оформлена в окремому зошиті, датована, підписана студентом, своєчасно подана на рецензування і зарахована до початку екзаменаційної сесії. Для зауважень і позначень рецензента слід залишати широкі поля (3см). Якщо контрольна робота містить істотні помилки, їх необхідно усунути відповідно до зауважень рецензента. Виправлення необхідно виконати в кінці роботи, а не в рецензованому тексті.

Контрольну роботу, яка виконана не за своїм варіантом, викладач не рецензує й не зараховує.

За своїм змістом вказівки відповідають робочій програмі з дисципліни «Хімія», яка затверджена на засіданні кафедри хімії й методичної комісії факультетів АДОМ та ІМЕМ.

Завдання 1

Основні поняття і закони хімії

Будь-яка речовина складається з окремих, дуже малих частинок. Відмінність між речовинами зумовлена відмінністю між їхніми частинками: частинки однієї речовини однакові, частинки різних речовин – різні.

Частинки речовини перебувають у безперервному русі за будь-яких умов. Для більшості речовин такими частинками є молекули.

Молекула – це найменша частинка речовини, яка має сталий склад і здатна зберігати основні хімічні властивості цієї речовини.

Молекули простих речовин складаються з атомів одного хімічного елемента, а молекули складних речовин – з атомів різних елементів.

Атом – це найменша хімічно неподільна частинка хімічного елемента, яка зберігає його хімічні властивості.

До складу молекул може входити різне число атомів, наприклад, молекули газів (крім інертних) головним чином, складаються з двох атомів, а молекули білків – з сотень тисяч атомів.

Розміри атомів визначаються величинами порядку десятих часток нанометра (10^{-10} м). Абсолютні маси атомів і молекул дуже малі: маса атома найлегшого елемента (Гідрогену) становить $1,67 \cdot 10^{-24}$ г, а маса атома одного з найважчих елементів – Плюмбуму – $3,4 \cdot 10^{-22}$ г. Зрозуміло, що такими величинами оперувати незручно, тому у розрахунках використовують не абсолютні значення мас атомів, а відносні.

Відносна атомна маса елемента ($Ar(X)$) дорівнює відношенню маси атома елемента до $1/12$ маси атома Карбону – 12. Маса атома ^{12}C дорівнює $19,93 \cdot 10^{-27}$ кг.

Одна дванадцята маси атома Карбону – 12, дорівнює: $\frac{19,93 \cdot 10^{-27}}{12} = 1,66 \cdot 10^{-27}$ кг, і

прийнята за одну атомну одиницю маси (а.о.м.). **Відносна атомна маса елемента** – це маса його атома, виражена в атомних одиницях маси: $Ar(X) = \frac{m(X)}{1/12 m(C)}$,

де $m(X)$ – маса атома елемента X, $m(C)$ – маса атома Карбону.

Наприклад, відносна атомна маса Гідрогену $Ar(H) = \frac{1,67 \cdot 10^{-27}}{1,66 \cdot 10^{-27}} = 1 \text{ а.о.м.}$

Відносна молекулярна маса речовини (Mr) – це маса його молекули, виражена в атомних одиницях маси: $Mr(XY) = \frac{m(XY)}{1/12 m(C)} = Ar(X) + Ar(Y)$;

$$Mr(X_a Y_b) = \frac{m(X_a Y_b)}{1/12 m(C)} = aAr(X) + bAr(Y), \text{ де}$$

$Mr(XY)$ – відносна молекулярна маса речовини XY;

$Ar(X)$, $Ar(Y)$ – відносні атомні маси елементів X і Y.

Наприклад, $Mr(\text{H}_2\text{O}) = 2Ar(H) + Ar(O) = 2 \cdot 1 + 1 \cdot 16 = 18$.

Кількість молекул у макроскопічних тілах надзвичайно велика, тому прийнято зазначати не абсолютну кількість атомів і молекул, а відносну. Кількість молекул або атомів у певній речовині прийнято порівнювати з кількістю атомів,

що містяться у 0,012 кг Карбону. Відносну кількість атомів і молекул у речовині характеризують фізичною величиною, яку називають **кількістю речовини (n)**. Кількість речовини виражається в молях.

Моль – це така кількість речовини, яка містить стільки молекул, атомів, іонів або інших структурних одиниць, скільки міститься атомів у 0,012 кг нукліда Карбону ^{12}C .

Кількість структурних одиниць, що міститься в одному молі будь-якої речовини, називають **числом Авогадро (N_A)**. Число Авогадро становить $6,02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}$. Тоді кількість речовини можна розрахувати так:

$$n = N / N_A$$

Крім відносної молекулярної маси M_r , у хімії та фізиці широко застосовують поняття „молярна маса M ».

Молярною масою (M) називають масу речовини, взятої у кількості один моль, її виражають в грамах на моль (г/моль):

$$M = m/n.$$

Треба зауважити, що кількісно молекулярна і молярна маса однакові, але відносна молекулярна маса – безрозмірна величина, а молярна маса має розмірність г/моль).

Закон Авогадро: В однакових об'ємах різних газів за однакових умов (температури і тиску) міститься однакова кількість молекул.

Закон Авогадро діє, коли мова йде про гази, і не діє, коли маємо справу з твердими і рідкі речовинами.

Можна розрахувати об'єм, що займають $6,02 \cdot 10^{23}$ молекул (або 1 моль) будь-якого газу за нормальних умов (н.у.). Нормальними умовами вважають температуру 0°C і тиск 101325 Па .

Розрахований об'єм для будь-якого газу за н.у. дорівнює 22,4 л.

Наслідок із закону Авогадро: за однакових умов один моль будь-якого газу займає один і той самий об'єм, який називають молярним об'ємом.

$$V_M = \frac{V}{n},$$

де V_M – молярний об'єм газу л/моль або $\text{м}^3/\text{моль}$;

V – об'єм даного газу, л або м^3 ;

n – кількість речовини в об'ємі V , моль.

Приклад 1. Обчисліть масу заліза, що міститься в оксиді заліза (III) Fe_2O_3 масою 320 кг.

Дано:

$$m(\text{Fe}_2\text{O}_3) = 320 \text{ кг}$$

$m(\text{Fe})$ – ?

Розв'язання.

1) визначимо кількість речовини $n(\text{Fe}_2\text{O}_3)$

$$n(\text{Fe}_2\text{O}_3) = \frac{m(\text{Fe}_2\text{O}_3)}{M(\text{Fe}_2\text{O}_3)}.$$

Розрахуємо молярну масу речовини Fe_2O_3 :

$$M(\text{Fe}_2\text{O}_3) = 2 \cdot 56 + 3 \cdot 16 = 160 \text{ г/моль} = 0,16 \text{ кг/моль}.$$

$$n(\text{Fe}_2\text{O}_3) = \frac{320}{0,16} = 2 \cdot 10^3 \text{ моль}.$$

2) визначимо $n(\text{Fe})$, що міститься в $2 \cdot 10^3$ моль Fe_2O_3 :

1 моль Fe_2O_3 містить 2 моль Fe

$2 \cdot 10^3$ моль Fe_2O_3 – x; x = $4 \cdot 10^3$ моль

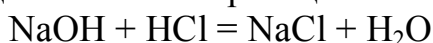
$$n(\text{Fe}) = 4 \cdot 10^3 \text{ моль}.$$

3) визначимо масу заліза $m(\text{Fe})$, що відповідає $4 \cdot 10^3$ моль Fe:

$$m(\text{Fe}) = M(\text{Fe}) \cdot n(\text{Fe}) = 0,056 \text{ кг/моль} \cdot 4 \cdot 10^3 \text{ моль} = 224 \text{ кг}.$$

Відповідь: $m(\text{Fe}) = 224 \text{ кг}$.

Приклад 2. Для проведення хімічної реакції



взяли 4г NaOH і 10,5г HCl. Розрахуйте маси продуктів реакції.

Дано:	Решение.				
$m(\text{NaOH}) = 4\text{г}$	NaOH	+	HCl	=	NaCl + H ₂ O
$m(\text{HCl}) = 10,5\text{г}$	4г		10,5г		?г ?г
<hr/>					
$m(\text{H}_2\text{O}) - ?$					
$m(\text{NaCl}) - ?$					

Розрахуємо кількість молів вихідних речовин:

$$n(\text{NaOH}) = \frac{m(\text{NaOH})}{M(\text{NaOH})} = \frac{4\text{г}}{40\text{г/моль}} = 0,1 \text{ моль};$$

$$n(\text{HCl}) = \frac{m(\text{HCl})}{M(\text{HCl})} = \frac{10,5\text{г}}{36,5\text{г/моль}} = 0,3 \text{ моль}.$$

взято для реакції за даними 0,1моль 0,3моль – –
задачі

	NaOH	+	HCl	=	NaCl	+	H ₂ O
співвідношення молів за рівнянням реакції	1моль		1моль		1моль		1моль
після реакції	–		0,2моль		0,1моль		0,1моль

$$\frac{0,1}{1} = \frac{n(\text{HCl})}{1}, \text{ тобто } n(\text{HCl}) = 0,1 \text{ моль прореагує з } 0,1 \text{ молям NaOH}.$$

0,2 моль HCl залишиться після реакції, тобто **HCl – у надлишку. Розрахунки за хімічним рівнянням проводять тільки за речовиною, яка повністю прореагувала** (в даному випадку – за NaOH).

$$\text{Отже, } m(\text{NaCl}) = n(\text{NaCl}) \cdot M(\text{NaCl}) = 0,1 \text{ моль} \cdot 58 \text{ г/моль} = 5,8\text{г};$$

$$m(\text{H}_2\text{O}) = n(\text{H}_2\text{O}) \cdot M(\text{H}_2\text{O}) = 0,1 \text{ моль} \cdot 18 \text{ г/моль} = 1,8\text{г}.$$

Відповідь: $m(\text{NaCl}) = 5,8\text{г}$, $m(\text{H}_2\text{O}) = 1,8\text{г}$.

Виконати завдання №1

У процесі дихання ферментативно окиснюються вуглеводи до води і вуглекислого газу, наприклад,

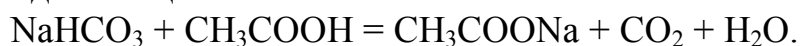
$C_6H_{12}O_6 + 6O_2 = 6CO_2 + 6H_2O$. Обчисліть масу (г) глюкози ($C_6H_{12}O_6$), що окиснюється, якщо відомо:

Номер варіанта	Речовина	Кількість	Номер варіанта	Речовина	Кількість
1	CO ₂	1,2·10 ²⁰ атомів Карбону	4	O ₂	10 ²¹ молекул
2	H ₂ O	18 г	5	CO ₂	240 мл (н. у.)
3	O ₂	2,40 м ³ (н. у.)	6	H ₂ O	36 г

Розрахувати масу (г) наступних речовин, а також кількість атомів кожного хімічного елементу:

Номер варіанта	Речовина	Кількість	Номер варіанта	Речовина	Кількість
7	CO	22,4 см ³ (н. у.)	8	NH ₃	240 мл (н. у.)
9	O ₂	2 моль	12	HCl	1 моль
10	H ₂ S	4,48 см ³ (н. у.)	13	SO ₂	10 ²³ молекул
11	Cl ₂	10 ²¹ молекул	14	C	4 моль

У процесі приготування страв ми часто використовуємо хімічну реакцію між харчовою содою й оцтом:



Обчисліть об'єм за н. у. вуглекислого газу, який утворюється в результаті реакції, а також кількість атомів Карбону в молекулі CO₂.

Номер варіанта	Речовина	Кількість	Номер варіанта	Речовина	Кількість
15	NaHCO ₃	10 г	20	NaHCO ₃	10 мг
16	CH ₃ COOH	1 моль	21	CH ₃ COOH	2 моль
17	CH ₃ COONa	10 г	22	NaHCO ₃	50 г
18	CH ₃ COOH	12·10 ²³ молекул	23	CH ₃ COONa	100 г
19	NaHCO ₃	100 г	24	NaHCO ₃	1 моль
			25	NaHCO ₃	20 г

Завдання 2

Будова атома. Періодичний закон Д. І. Менделєєва

Атом складається із протонів, нейтронів і електронів. У центрі атома знаходиться позитивно заряджене ядро, що складається з протонів і нейтронів. Ядро оточене електронною хмарою, яка займає більшу частину об'єму.

Протон – це позитивно заряджена частинка, маса якої дорівнює одній атомній одиниці маси (а.о.м.), а заряд умовно дорівнює +1.

Нейтрон – це електронейтральна частинка, маса якої дорівнює одній атомній одиниці маси.

Електрон – це негативно заряджена частинка, маса якої дорівнює 0,00054 а.о.м., а заряд умовно дорівнює -1 .

Ядро має позитивний заряд, який дорівнює кількості протонів. Кількість протонів у ядрі атома визначається порядковим номером елемента в періодичній системі. Атом – це електронейтральна частинка. Тому кількість протонів в атомі завжди дорівнює кількості електронів. Отже, порядковий номер елемента вказує на заряд ядра (тобто, на кількість протонів і на число електронів в атомі).

Маса атома A (інакше масове число) дорівнює сумі мас усіх частинок, які входять до складу атома. Враховуючи, що маса електронів порівняно з масою протонів і нейтронів незрівнянно мала, можна вважати, що маса атома визначається масою його протонів і нейтронів. Таким чином:

$$A = Z + N,$$

де A – масове число;

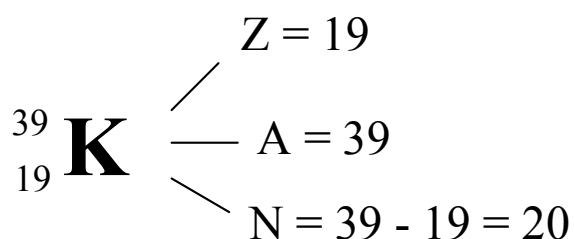
Z – число протонів (порядковий номер елемента);

N – число нейтронів.

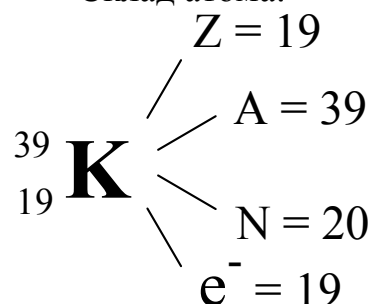
Наприклад, Калій К:

порядковий номер – 19; кількість протонів – 19; заряд ядра – +19; кількість електронів – 19.

Склад ядра:



Склад атома:



Відомо, що кількість протонів характеризує заряд ядра і належність атома до даного хімічного елемента.

Хімічний елемент – це сукупність атомів з однаковим зарядом ядра.

Тому періодичний закон Менделєєва формулюють наступним чином: **Властивості елементів, а також утворених ними простих і складних сполук перебувають у періодичній залежності від величини заряду ядер їхніх атомів.**

Будова електронної оболонки атома. Квантові числа

Усі електрони атома утворюють електронну оболонку. Поведінку електронів в атомі не можна описати за допомогою законів класичної механіки. Електрон – це мікрочастинка, якій притаманні корпускулярні і хвильові властивості, тобто електрон одночасно є частинкою і хвилею. Властивості мікрочастинок описує квантова механіка. Згідно із законами квантової механіки неможливо розрахувати точні координати електрона в просторі (тобто траєкторію його руху). Можливо лише розрахувати ймовірність знаходження даного електрона в певній ділянці простору. Цю ділянку називають електронною хмарою.

Тобто, стан електронів в атомі можна уявити у вигляді електронної хмари з певною густиною електричного заряду в кожній точці. Електронні хмари різних електронів мають різну форму.

Кожний електрон має свою **атомну орбіталь**. Атомна орбіталь (АО) – уявлення про рух електрона в атомі. Така особлива назва (не орбіта, а орбіталь) свідчить про те, що рух електрона в атомі відрізняється від класичного руху за траєкторією й описується законами квантової механіки.

Атомна орбіталь – це математична функція, використовуючи яку, можна розрахувати ймовірність знаходження електрона в будь-якій точці атома.

Таким чином, основними характеристиками, що визначають рух електрона в атомі, є енергія та просторові особливості відповідної орбіталі. Їх визначають за допомогою квантових чисел.

1. Головне квантове число n визначає енергію електрона в атомі й може набувати значень від 1 до ∞ (тільки цілі, позитивні числа). Чим менше n , тим більше енергія взаємодії електрона з ядром (тим ближче до ядра знаходиться електрон). Електрони з однаковим значенням n утворюють енергетичний рівень. Кількість рівнів, на яких перебувають електрони, збігається з номером періоду, у якому знаходиться елемент у періодичній системі. Номера цих рівнів позначають цифрами 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 (рідше – літерами K, L, M, N, O, P, Q).

2. Орбітальне (побічне) квантове число l визначає форму орбіталі. Воно може набувати значень тільки цілих чисел від 0 до $(n - 1)$, де n – головне квантове число. $l = 0, 1, 2, 3 \dots (n - 1)$.

Крім числових орбітальне квантове число l має і літерні позначення:

Числове позначення орбітального квантового числа (l)	0	1	2	3	4
Літерне позначення	<i>s</i>	<i>p</i>	<i>d</i>	<i>f</i>	<i>g</i>

Електрони з однаковим значенням l утворюють підрівень. Підрівні позначаються літерами *s*, *p*, *d*, *f*,... Кількість енергетичних підрівнів дорівнює номеру даного енергетичного рівня, тобто значенню головного квантового числа. Так на першому енергетичному рівні ($n = 1$) є один підрівень (*s*), на другому енергетичному рівні ($n = 2$) можливі тільки два підрівня (*s* і *p*), для яких $l = 0$ (*s*-підрівень), $l = 1$ (*p*-підрівень), на третьому ($n = 3$) – три підрівня (*s*, *p* і *d*) і т.д. Кількість енергетичних підрівнів дорівнює номеру даного енергетичного рівня, тобто значенню головного квантового числа n .

Підрівні відрізняються один від одного енергією зв'язку електрона з ядром. Орбіталі одного підрівня ($l = \text{const}$) мають однакову енергію й форму.

s -орбіталь має сферичну форму, p -орбіталь має форму гантелі (вісімки), d - і f -орбіталі мають більш складні форми.

Позначення орбіталі включає номер енергетичного рівня й літеру, що відповідає даному підрівню: $1s$, $3d$ – орбіталь.

Таким чином, енергія електрона в атомі залежить не тільки від значення головного квантового числа n , але й від значення орбітального числа l . А це означає, що **енергія електрона в атомі визначається сумою значень головного і орбітального квантових чисел $n + l$** .

3. Магнітне квантове число m_l визначає розташування атомної орбіталі в просторі й може у межах певного підрівня приймати значення цілих чисел від $-l$ до $+l$, у тому числі значення нуль. Тобто m_l для даного значення l буде мати $(2l + 1)$ значень. Так, при $l = 0$ (це s -орбіталь) можливе тільки $m_l = 0$. Це означає, що s -орбіталь має однакову орієнтацію відносно трьох осей координат (рис. 1, а). При $l = 1$ (p -орбіталь) m_l може набувати трьох значень: $-1, 0, +1$.

Це означає, що можуть існувати три p -орбіталі (p_x, p_y, p_z) з орієнтацією за координатними осями x, y, z (рис. 1, б). При $l = 2$ (d -орбіталь) m_l може набувати п'ять значень: $-2, -1, 0, +1, +2$. Це означає, що може існувати п'ять d -орбіталей і т. д.

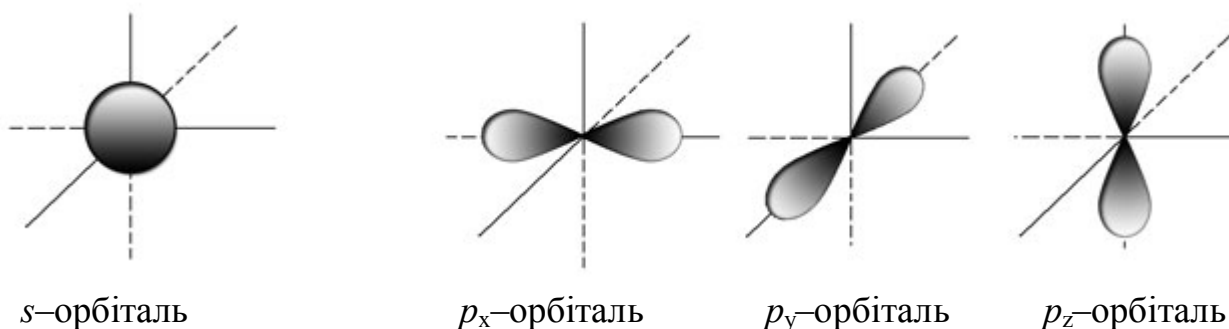
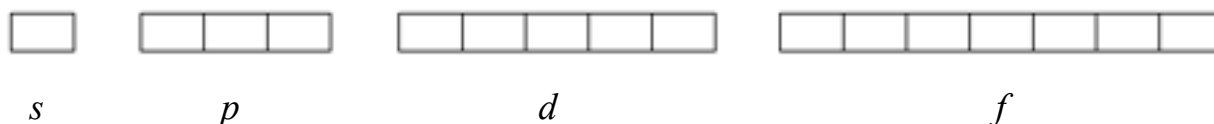


Рисунок 1 – Зображення атомних орбіталей

Магнітне квантове число визначає кількість значень орбіталей на підрівні, що дорівнює кількості значень m_l .

Орбітальне квантове число (l)	Магнітне квантове число (m_l)	Число орбіталей з даним значенням ($2l + 1$)
0 (s)	0	1
1 (p)	$-1, 0, +1$	3
2 (d)	$-2, -1, 0, +1, +2$	5
3 (f)	$-3, -2, -1, 0, +1, +2, +3$	7

Орбітали зображують у вигляді енергетичних комірок, кількість яких на даному підрівні визначається кількістю значень магнітного квантового числа $m_l = 2l + 1$.



4. Спінове квантове число m_s може набувати тільки двох значень $+1/2$ і $-1/2$. Вони відповідають двом можливим і протилежним один одному напрямкам власного магнітного моменту електрона, що називають спіном (від англ. spin – веретено). Для позначення електронів з різними спінами використовують символи: \uparrow і \downarrow .

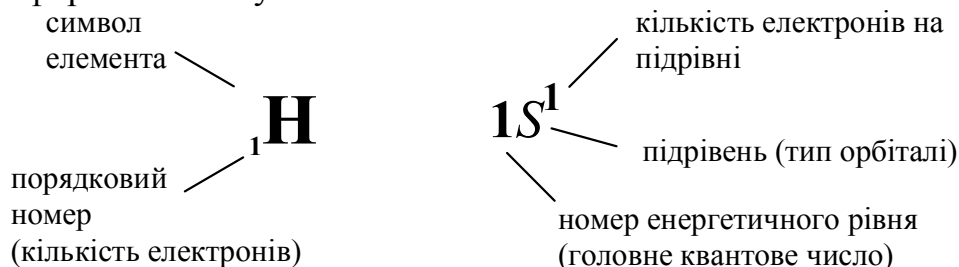
Отже, стан електрона в атомі визначається значеннями всіх чотирьох квантових чисел, які характеризують енергію електрона, його спін, форму електронної хмари і її орієнтацію у просторі.

Електронні й електронографічні формули

Будову електронних оболонок атомів записують за допомогою електронних формул.

Електронна формула – це форма запису електронної будови атома елемента з розподілом електронів за рівнями і підрівнями.

Запишемо електронну будову атома Гідрогену, при цьому скористаємося наступною формою запису:



Послідовність заповнення електронами енергетичних рівнів і підрівнів визначається обов'язковими правилами:

1. Принцип Паулі: в атомі не може існувати навіть двох електронів з однаковими значеннями всіх чотирьох квантових чисел.

Наслідком цього правила є те, що на одній орбіталі не може перебувати понад два електрони з протилежно спрямованими спінами:

$\boxed{\uparrow}$ – неспарений електрон;

$\boxed{\uparrow\downarrow}$ – спарені електрони (з антипаралельними або протилежно спрямованими спінами).

Використовуючи принцип Паулі, можна розрахувати максимальну кількість електронів на енергетичному рівні й підрівні.

Підрівень	Число орбіталей	Максимальна кількість електронів
<i>s</i>	1	2
<i>p</i>	3	6
<i>d</i>	5	10
<i>f</i>	7	14

Максимальна кількість електронів N на енергетичному рівні обчислюється за формулою

$$N = 2n^2,$$

де n – головне квантове число.

2. Правило Хунда: сумарне спінове число електронів даного підрівня повинно бути максимальним.

Наприклад: на $2p$ -підрівні потрібно розмістити три електрони ($2p^3$):



– сумарний спін дорівнює $3/2$, відповідає правилу Хунда;



– сумарний спін дорівнює $1/2$, не відповідає правилу Хунда.

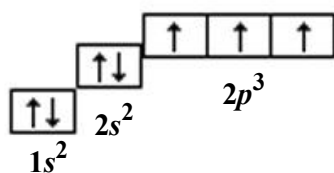
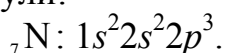
Стабільному стану електрона в атомі відповідає мінімальне значення його енергії. Будь-який інший його стан є збудженим, нестабільним, з якого електрон самодовільно переходить у стан з більш низьким рівнем енергії. Тому **послідовність заповнення електронами енергетичних рівнів визначається правилом найменшого запасу енергії. (Правила Клечковського):**

3. Перше правило Клечковського: заповнення електронних підрівнів зі збільшенням порядкового номера атома елемента відбувається від меншого до більшого значення суми $(n + l)$;

4. Друге правило Клечковського: за однакових значень суми $(n + l)$ заповнюються спочатку енергетичні підрівні з меншим значенням головного квантового числа n .

Для того, щоб написати електронну формулу атома, необхідно знати його порядковий номер у таблиці Менделєєва (він відповідає кількості електронів) і номер періоду (вказує на кількість енергетичних рівнів).

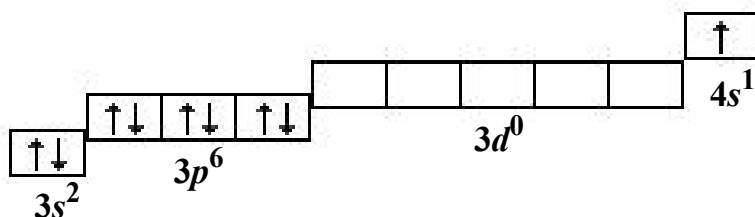
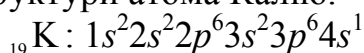
Запишемо електронну формулу Нітрогену (порядковий номер сім, період – другий). В атомі Нітрогену 7 електронів знаходяться на двох енергетичних рівнях. Ми вже знаємо, що на 1 рівні є тільки один підрівень – s , і на ньому можуть знаходитися максимально два електрони: $1s^2$. На 2 рівні є два підрівня – s і p : $2s2p$. На другому енергетичному рівні нам треба розмістити $7 - 2 = 5$ електронів: $2s^22p^3$. Електронну будову атома Нітрогену можна записати за допомогою наступної формули:



– графічна електронна формула (три електрони

на $2p$ - підрівні розміщуємо так, щоб сумарний спін був максимальним).

Складніше заповнюються електронні оболонки атомів елементів четвертого періоду – в них є по чотири енергетичних рівня. Запишемо електронну формулу і схему електронної структури атома Калію.



На третьому енергетичному рівні є три підрівня: s , p і d , але після заповнення $3p$ -орбіталі заповнюватися буде не $3d$, а $4s$ -орбіталь. Це відбувається відповідно до першого правила Клечковського. Справді, для $3d$ -підрівня ($n = 3$, $l = 2$) $n + l = 5$, а для $4s$ -підрівня ($n = 4$, $l = 0$) $n + l = 4$. Отже, енергія $4s$ -підрівня менша, ніж $3d$ -підрівня, тому $4s$ -підрівень повинен заповнюватися раніше.

З урахуванням правил Клечковського послідовність заповнення електронами енергетичних рівнів і підрівнів атомів елементів має наступний вигляд:

$$1s < 2s < 2p < 3s < 3p < 4s < 3d < 4p < 5s < 4d < 5p < 6s < 4f \approx 5d < 6p < 7s < 5f \approx 6d < 7p$$

Періодична система елементів (таблиця Менделєєва) - класифікація хімічних елементів, що дозволяє виявити залежність їхніх властивостей від кількості протонів у атомному ядрі. Спочатку система розроблена російським хіміком Д. І. Менделєєвим на підставі відкритого ним у 1869 році періодичного закону залежності властивостей елементів від атомної маси і є його графічним вираженням.

Періодична система складається з періодів і груп.

Період – це горизонтальний рядок. Усього в таблиці 7 періодів. Перший, другий і третій періоди (1, 2, 3) складаються з одного ряду й називаються малими. 4, 5 і 6 періоди складаються із двох рядів і називаються великими. 7 період складається з одного ряду (незакінчений).

Група – це вертикальний стовпець. Усього вісім груп. Номер групи позначено римськими цифрами (I, II, III ...). Кожна група складається із двох підгруп: головної (A) і побічної (B).

У головну підгрупу (A) входять елементи малих і великих періодів.

У побічну підгрупу (B) входять елементи тільки великих періодів.

Наприклад, у першому періоді розташовані тільки два елементи: Гідроген і Гелій. У першій групі (I)

головна підгрупа (I A): H, Li, Na, K, Rb, Cs, Fr;

побічна підгрупа (I B): Cu, Ag, Au.

Розташування хімічного елемента в періодичній системі визначається будовою атома і його властивостями.

Порядковий номер елемента – визначає заряд ядра атома й кількість електронів.

Номер періоду – кількість енергетичних рівнів.

Номер групи – кількість електронів у зовнішньому електронному шарі атома (валентність).

Усього груп вісім. Кількість електронів у зовнішньому шарі всіх атомів не більше восьми.

У залежності від того, який підрівень заповнюється електронами останнім, елементи поділяють на: *s-елементи*, *p-елементи*, *d-елементи*, і *f-елементи* (електронні сімейства).

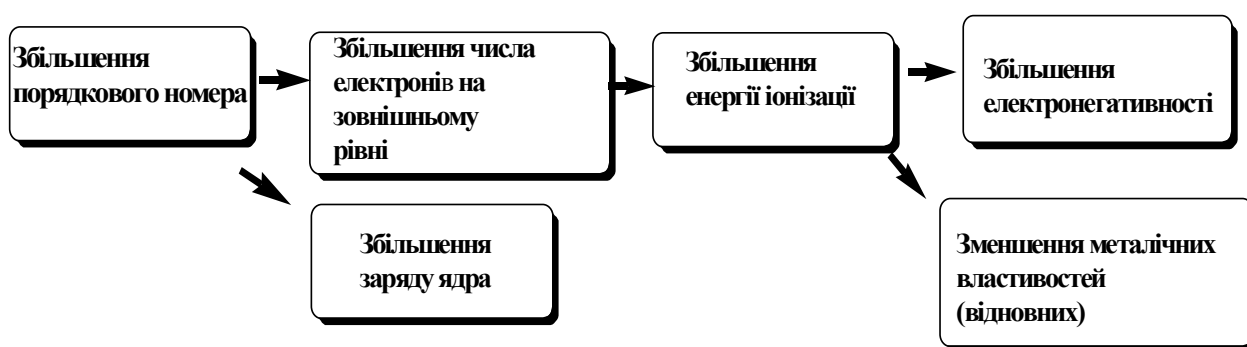
Максимальна кількість електронів на s -орбіталі – два. Тому в кожному періоді є два *s-елементи*. Максимальна кількість електронів на p -орбіталі – шість. Тому в кожному періоді (крім першого й сьомого) є шість *p-елементів*. Максимальна кількість *d-елементів* – десять, *f-елементів* – чотирнадцять.

Структура періодичної системи елементів визначається електронною будовою атомів.

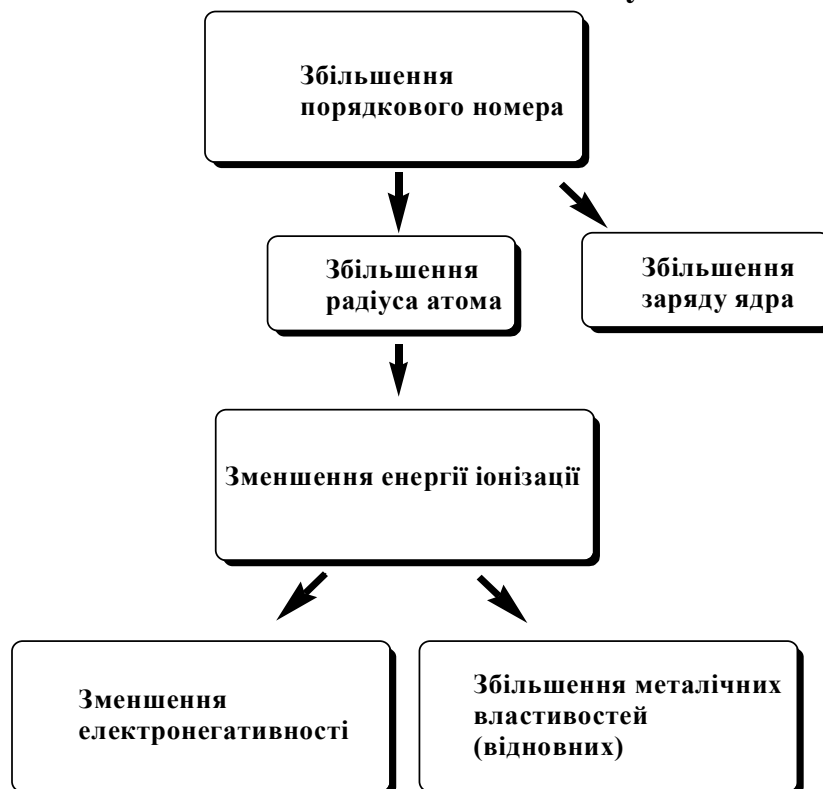
Оскільки властивості елементів знаходяться у періодичній залежності від зарядів ядер їх атомів, то це означає, що *властивості елементів повторюються при переході від одного періоду до іншого. Елементи ж однієї підгрупи мають подібні хімічні властивості* і часто утворюють аналогічні сполуки. Наприклад, елементи VII групи головної підгрупи утворюють кислоти HF, HCl, HBr, HI.

Розглянемо зміну найбільш важливих властивостей хімічних елементів у підгрупах і періодах.

Періодичність зміни властивостей елементів у періодах



Періодичність зміни властивостей елементів у головних підгрупах



Металічні властивості – здатність віддавати валентні електрони.

Енергія іонізації – енергія, потрібна для відриву електрона від атома.

Електронегативність – здатність атомів притягувати валентні електрони.

Виконати завдання № 2

А. Для наведених у таблиці пар елементів необхідно:

- скласти електронні й електронографічні формули;
- дати порівняльну характеристику хімічних властивостей елементів, залежно від їхнього розташування в періодичній системі Д. І. Менделєєва;
- визначити, до якого сімейства елементів (*s*-, *p*-, *d*-, *f*-) відносяться елементи;
- вказати, яку валентність мають ці елементи в основному і збудженому стані;
- скласти формули вищих оксидів елементів і вказати їхній характер (кислотний, основний, амфотерний).
- зазначити, який із двох елементів має більшу електронегативність.

Номер варіанта	Назва елемента	Номер варіанта	Назва елемента
1	Силіцій, Титан	14	Телур, Молібден
2	Фосфор, Ванадій	15	Сульфур, Молібден
3	Хром, Сульфур	16	Флуор, Йод
4	Манган, Хлор	17	Цирконій, Германій
5	Арсен, Ніобій	18	Арсен, Ванадій
6	Селен, Молібден	19	Ітрій, Галій
7	Титан, Германій	20	Бром, Манган
8	Рубідій, Калій	21	Нітроген, Ніобій
9	Скандій, Галій	22	Стронцій, Цинк
10	Ванадій, Арсен	23	Йод, Технецій
11	Алюміній, Скандій	24	Карбон, Титан
12	Натрій, Хлор	25	Селен, Хром
13	Бром, Технецій		

Б. Зазначити, у яких періодах, групах та підгрупах періодичної системи елементів містяться елементи, якщо відома будова зовнішніх електронних оболонок атомів. Навести назви та порядкові номери елементів.

Номер варіанта	Будова зовнішніх електронних оболонок	Номер варіанта	Будова зовнішніх електронних оболонок
1	$2p^6 3s^2; 4s^2 4p^5$	14	$6s^2 6p^3; 3d^{10} 4s^1$
2	$3d^{10} 4s^2; 6s^2 6p^1$	15	$2p^6 3s^2; 3d^6 4s^2$
3	$3d^6 4s^2; 5p^6 6s^1$	16	$4p^6 5s^1; 5d^1 6s^2$
4	$3s^2 3p^2; 2p^6 3s^1$	17	$6d^2 7s^2; 4d^8 5s^2$
5	$4d^5 5s^2; 4s^2 4p^6$	18	$5d^3 6s^2; 6p^6 7s^2$
6	$5d^2 6s^2; 3p^6 4s^2$	19	$4s^2 4p^4; 3d^7 4s^2$
7	$5p^6 6s^2; 6s^2 6p^2$	20	$3d^8 4s^2; 5s^2 5p^3$
8	$5d^4 6s^2; 4d^{10} 5s^2$	21	$5p^6 6s^1; 5d^5 6s^2$
9	$6s^2 6p^5; 2s^2 2p^4$	22	$5s^2 5p^2; 6p^6 7s^2$

Продовження таблиці

Номер варіанта	Будова зовнішніх електронних оболонок	Номер варіанта	Будова зовнішніх електронних оболонок
10	$3p^6 4s^1; 5d^5 6s^2$	23	$3s^2 3p^3; 5s^2 5p^6$
11	$5s^2 5p^5; 5d^1 6s^2$	24	$6d^8 7s^2; 1s^2 2s^2$
12	$4p^6 5s^2; 3d^4 4s^2$	25	$5s^2 5p^1; 4d^4 5s^2$
13	$3s^2 3p^5; 1s^2 2s^1$		

В. Написати електронні формули іонів.

Номер варіанта	Будова зовнішніх електронних оболонок	Номер варіанта	Будова зовнішніх електронних оболонок
1	$Mg^{2+}; I^-; Ni^{2+}$	14	$Bi^{3+}; Ca^{2+}; Te^{2-}$
2	$Fe^{2+}; Na^+; O^{2-}$	15	$Mo^{2+}; Mg^{2+}; F^-$
3	$Fe^{3+}; Ca^{2+}; Zn^{2+}$	16	$Sn^{2+}; P^{3-}; Be^{2+}$
4	$Mn^{2+}; Br^-; K^+$	17	$Cs^+; Sc^{3+}; Cl^-$
5	$S^{2-}; Fe^{2+}; Li^+$	18	$In^{3+}; Li^+; F^-$
6	$N^{3-}; Cu^{2+}; F^-$	19	$Cr^{3+}; Rb^+; Br^-$
7	$Ba^{2+}; Cl^-; Co^{2+}$	20	$Al^{3+}; S^{2-}; Fe^{3+}$
8	$P^{3-}; Cr^{3+}; Na^+$	21	$H^+; Mn^{2+}; Te^{2-}$
9	$Pb^{2+}; Rb^+; I^-$	22	$Co^{2+}; P^{3-}; Na^+$
10	$Sn^{2+}; K^+; O^{2-}$	23	$Mo^{2+}; Cl^-; Al^{3+}$
11	$Hg^{2+}; Cl^-; Mg^{2+}$	24	$Mg^{2+}; Br^-; Bi^{3+}$
12	$Sc^{3+}; N^{3-}; Na^+$	25	$O^{2-}; In^{3+}; Ca^{2+}$
13	$Al^{3+}; S^{2-}; Mn^{2+}$		

Завдання 3

Хімічна кінетика і хімічна рівновага

Розділ хімії, що вивчає швидкість перебігу хімічних реакцій, називається **хімічною кінетикою**.

Хімічна кінетика вивчає як гомогенні, так і гетерогенні реакції. Гомогенні реакції відбуваються в однорідному середовищі (гомогенній системі) в усьому об'ємі системи. Гетерогенні реакції відбуваються в неоднорідному середовищі (гетерогенній системі) – між речовинами, які перебувають у різних фазах. Хімічна взаємодія у цьому разі відбувається на межі розподілу фаз.

Швидкість реакції характеризується зміною молярної концентрації будь-якої з вихідних речовин або кінцевих продуктів реакції за одиницю часу.

Для гомогенної реакції швидкість реакції можна виразити як:

$$V = \pm \frac{c_2 - c_1}{\tau_2 - \tau_1} = \pm \frac{\Delta c}{\Delta \tau} \text{ [моль/(л·с)]},$$

де V – швидкість реакції;

c_1 і c_2 – молярні концентрації однієї з реагуючих речовин у різні моменти часу τ_1 і τ_2 відповідно.

Знаки «+» і «-» вказують, за якою з речовин визначають швидкість реакції: якщо за вихідною – знак «-» (концентрація вихідних речовин під час пере-

бігу реакції зменшується, $\Delta c < 0$, а швидкість завжди величина позитивна), якщо за кінцевою – знак «+».

Швидкість хімічної реакції залежить від природи реагуючих речовин, їхньої концентрації, температури, а також від присутності **каталізатора** (речовина, яка прискорює реакцію, а сама при цьому не змінюється), або **інгібітора** (речовина, яка сповільнює реакцію).

Залежність швидкості хімічної реакції від концентрації реагуючих речовин визначається законом дії мас (закон К. М. Гульдберга і П. Вааге): швидкість хімічної реакції за сталої температури прямо пропорційна добутку концентрацій реагуючих речовин у ступенях, що дорівнюють їхнім стехіометричним коефіцієнтам.

Для реакції $aA + bB \rightarrow cC + dD$ закон дії мас можна записати так:

$$V = k[A]^a[B]^b,$$

де $[A]$ і $[B]$ – молярні концентрації речовин A і B ;

a і b – стехіометричні коефіцієнти;

k – коефіцієнт пропорційності, що називають константою швидкості реакції.

Для гетерогенних реакцій у вираз швидкості концентрація твердих речовин не входить.

Наприклад, для реакції $C_{(тв)} + O_{2(г)} = CO_{2(г)}$

$$V = k[O_2]$$

Константа швидкості (k) реакції відповідає швидкості реакції за концентрацій реагуючих речовин, що дорівнюють 1 моль/л.

З підвищенням температури швидкість хімічних реакцій здебільшого зростає. За **правилом Вант-Гоффа** при підвищенні температури системи на кожні 10 градусів швидкість більшості реакцій зростає в 2–4 рази, або математично:

$$\frac{V_{t_2}}{V_{t_1}} = \gamma^{\frac{t_2 - t_1}{10}},$$

де V_{t_2} і V_{t_1} – швидкості реакції відповідно за початкової t_1 і кінцевої t_2 температур;

γ – температурний коефіцієнт швидкості реакції, кількісне значення якого може бути цілим або дробовим і змінюється від 2 до 4.

Хімічна рівновага в оборотних реакціях. Оборотна реакція відбувається як у прямому, так і в зворотному напрямку:

$aA + bB \rightleftharpoons cC + dD$ (оборотна реакція);

$aA + bB \rightarrow cC + dD$ (пряма реакція);

$cC + dD \rightarrow aA + bB$ (зворотна реакція);

$V_{пр.} = k_{пр.}[A]^a[B]^b$; $V_{зв.} = k_{зв.}[C]^c[D]^d$.

Хімічна рівновага – це такий стан системи, за якого швидкості прямої та зворотної реакцій стають однаковими ($V_{пр.} = V_{зв.}$). Кількісною характеристикою хімічної рівноваги є її константа.

Для оборотної реакції

$$K = \frac{k_{\text{пр.}}}{k_{\text{зв.}}} = \frac{[C]^c [D]^d}{[A]^a [B]^b},$$

де K – константа хімічної рівноваги;

$[A]$, $[B]$, $[C]$, $[D]$ – рівноважні молярні концентрації (концентрації, що встановлюються в стані хімічної рівноваги) компонентів.

Для гетерогенних реакцій у вираз константи рівноваги входять концентрації тільки тих речовин, які перебувають у газовій або рідкій фазі.

Константа хімічної рівноваги визначає глибину перебігу процесу в момент досягнення стану рівноваги.

Вплив зміни зовнішніх умов на стан хімічної рівноваги визначається за правилом, яке дістало назву **принципу Ле Шательє**: якщо на систему, що перебуває у стані рівноваги, подіяти ззовні, то в системі відбуватимуться зміни, які послаблюють цю дію.

На стан хімічної рівноваги впливають наступні чинники: концентрація реагуючих речовин, температура, тиск (тільки для газових систем).

Вплив концентрації на стан рівноваги. Згідно з принципом Ле Шательє, додавання до системи однієї з вихідних речовин спричиняє зміщення рівноваги в напрямку утворення продуктів реакції, тобто вправо ($V_{\text{пр.}} > V_{\text{зв.}}$). Додавання продуктів реакції зміщує рівновагу в напрямку утворення вихідних речовин, тобто вліво ($V_{\text{зв.}} > V_{\text{пр.}}$).

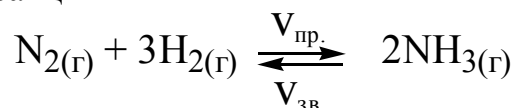
Вплив температури на стан рівноваги. Згідно з принципом Ле Шательє, під час нагрівання системи, що перебуває у стані рівноваги, остання зміщується в напрямку того з двох протилежно направлених процесів, який супроводжується поглинанням теплоти (в напрямку **ендотермічної реакції**). Охолодження сприяє зміщенню рівноваги в напрямку реакції, яка супроводжується виділенням теплоти (**екзотермічна реакція**).

$A + B \rightarrow C; +Q (-\Delta H)$ – екзотермічна реакція;

$A + B \rightarrow C; -Q (+\Delta H)$ – ендотермічна реакція

Вплив тиску на стан рівноваги. Тиск впливає на стан рівноваги тільки у газових системах, у разі якщо реакція перебігає зі зміною об'ємів реагуючих речовин у газоподібному стані. Згідно з принципом Ле Шательє, підвищення тиску зумовлює зміщення хімічної рівноваги у напрямку процесу, який супроводжується зменшенням об'єму (зменшенням кількості молекул газів), а зниження тиску – викликає зміщення рівноваги у протилежному напрямку.

Наприклад, для реакції



у разі підвищення тиску рівновага зміщується в напрямку зменшення кількості молекул газів, тобто в напрямку прямої реакції.

Приклад 1. Реакція перебігає за рівнянням $2\text{NO} + \text{O}_2 = 2\text{NO}_2$. Константа швидкості цієї реакції при 500°C дорівнює 0,18. Початкові концентрації реагу-

ючих речовин були: $[\text{NO}]_0 = 0,12$ моль/л і $[\text{O}_2]_0 = 0,27$ моль/л. Обчисліть початкову швидкість реакції і швидкість її, коли прореагувало 40% NO.

Розв'язання. Згідно з основним законом хімічної кінетики початкова швидкість прямої реакції дорівнює

$$V_0 = k[\text{NO}]_0^2 \cdot [\text{O}_2]_0 = 0,18 \cdot 0,12^2 \cdot 0,27 = 7 \cdot 10^{-4} \text{ моль(л} \cdot \text{с)}^{-1},$$

де k - константа швидкості реакції.

На момент, коли прореагувало 40% NO, зменшення концентрації NO складає $0,12 \cdot 0,4 = 0,048$ моль/л, а концентрації O_2 , відповідно до стехіометрії, – 0,024 моль/л. Отже, поточні концентрації реагентів дорівнюють:

$$[\text{NO}] = [\text{NO}]_0 - 0,048 = 0,12 - 0,048 = 0,072 \text{ моль/л};$$

$$[\text{O}_2] = [\text{O}_2]_0 - 0,024 = 0,27 - 0,024 = 0,246 \text{ моль/л}.$$

Тоді поточна швидкість реакції

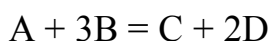
$$V = k[\text{NO}]^2 [\text{O}_2] = 0,18 \cdot 0,072^2 \cdot 0,246 = 2,3 \cdot 10^{-4} \text{ моль(л} \cdot \text{с)}^{-1}.$$

Приклад 2. Швидкість гомогенної реакції при температурі 10°C дорівнює $2,36 \cdot 10^{-2}$ моль(л · с)⁻¹. Визначте швидкість цієї реакції при температурі 60°C , якщо температурний коефіцієнт швидкості реакції дорівнює 2,3.

Розв'язання. Відповідно до емпіричного правила Вант-Гоффа швидкість реакції при температурі 60°C складає

$$V_{t_2} = V_{t_1} \cdot \gamma^{(t_2 - t_1)/10} = 2,36 \cdot 10^{-2} \cdot 2,3^{(60 - 10)/10} = 1,52 \text{ моль(л} \cdot \text{с)}^{-1}.$$

Приклад 3. Гомогенна реакція перебігає за рівнянням



Рівноважні концентрації реагентів: $[\text{A}] = 0,31$ моль/л; $[\text{B}] = 0,16$ моль/л; $[\text{C}] = 0,22$ моль/л. Константа рівноваги дорівнює 33,51. Визначте рівноважну концентрацію реагенту D, а також початкові концентрації реагентів A й B.

Розв'язання. За законом діючих мас Гульдберга-Вааге константа хімічної рівноваги цієї реакції

$$K_p = \frac{[\text{C}] \cdot [\text{D}]^2}{[\text{A}] \cdot [\text{B}]^3}$$

Звідси рівноважна концентрація реагенту D дорівнює

$$[\text{D}] = \sqrt{\frac{K_p [\text{A}] [\text{B}]^3}{[\text{C}]}} = \sqrt{\frac{33,51 \cdot 0,31 \cdot 0,16^3}{0,22}} = 0,44 \text{ моль/л}.$$

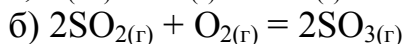
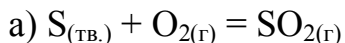
Відповідно до стехіометрії рівняння реакції зменшення концентрації реагенту A в ході реакції дорівнює 0,22 моль/л, а зменшення концентрації реагенту B – 0,66 моль/л. Отже, початкові концентрації цих реагентів:

$$[\text{A}]_0 = [\text{A}] + 0,22 = 0,31 + 0,22 = 0,53 \text{ моль/л}.$$

$$[\text{B}]_0 = [\text{B}] + 0,66 = 0,16 + 0,66 = 0,82 \text{ моль/л}.$$

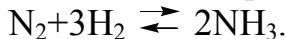
Виконати завдання № 3

1. Як зміняться швидкості хімічних реакцій:



якщо об'єм кожної із систем зменшити в 2 рази; 4 рази; 3 рази?

2. Написати вираз для константи рівноваги наступної гомогенної системи:

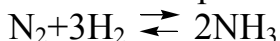


Як зміниться швидкість прямої реакції утворення аміаку, якщо:

а) збільшити концентрацію водню в 3 рази;

б) зменшити концентрацію азоту в 2 рази?

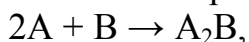
3. Рівняння реакції:



Концентрація речовин, що беруть участь у ній : $[N_2] = 0,80$ моль/л; $[H_2] = 1,5$ моль/л; $[NH_3] = 0,10$ моль /л. Обчислити концентрацію водню й аміаку, коли $[N_2] = 0,5$ моль/л.

4. Як і чому при зміні тиску зміщується рівновага системи $N_2 + 3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3$ і не зміщується рівновага системи $N_2 + O_2 \rightleftharpoons 2NO$? Написати вираз для констант рівноваги кожної з вищенаведених систем.

5. У скільки разів зміниться швидкість реакції?



якщо:

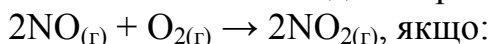
а) концентрацію речовини А збільшити в 2 рази;

б) концентрацію речовини А збільшити в 8 разів;

в) концентрацію речовини В збільшити в 4 рази;

г) концентрацію речовини А збільшити в 2 рази, а концентрацію речовини В зменшити в 2 рази?

6. Як зміниться швидкість реакції



а) збільшити тиск у системі в 3 рази;

б) зменшити об'єм системи в 3 рази;

в) підвищити концентрацію NO в 3 рази?

7. Як зміниться швидкість прямої реакції

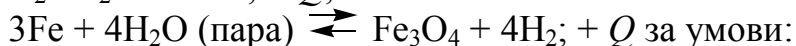
$CO + Cl_2 \rightleftharpoons COCl_2$, якщо концентрація CO = 0,3 моль/л збільшилася до 1,2 моль/л, а концентрація $Cl_2 = 0,2$ моль/л збільшилася до 0,6 моль/л?

8. Пентахлорид фосфору (V) дисоціює при нагріванні за рівнянням



За певної температури з 2 моль PCl_5 , що перебувають у закритій посудині об'ємом 10л, піддається розкладанню 1,5 моль. Обчислити константу рівноваги за цієї температури.

9. В який бік зміститься хімічна рівновага в реакціях:



а) підвищення температури й тиску;

б) зниження температури й тиску.

10. Знайти константу рівноваги реакції $\text{N}_2\text{O}_4 \rightleftharpoons 2\text{NO}_2$, якщо початкова концентрація N_2O_4 становила 0,08 моль/л, а до моменту настання рівноваги дисоціювало 50% N_2O_4 .

11. Система $\text{C}_{(\text{графіт})} + \text{CO}_{2(\text{г})} \rightleftharpoons 2\text{CO}_{(\text{г})}$ перебуває в стані рівноваги, $\Delta H = 172,5$ кДж. Вказати:

а) як зміниться вміст CO у рівноважній суміші з підвищенням температури при незмінному тиску?

б) з ростом загального тиску при незмінній температурі?

в) чи зміниться константа рівноваги при підвищенні загального тиску при незмінній температурі? При збільшенні температури?

12. Як вплине на рівновагу наступних реакцій:

$2\text{H}_{2(\text{г})} + \text{O}_{2(\text{г})} \rightleftharpoons 2\text{H}_2\text{O}_{(\text{г})}$; $\Delta H = -483,6$ кДж;

$\text{CaCO}_{3(\text{тв.})} \rightleftharpoons \text{CaO}_{(\text{тв.})} + \text{CO}_{2(\text{г})}$; $\Delta H = 179$ кДж.

а) підвищення тиску;

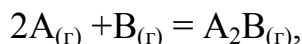
б) підвищення температури?

13. Реакція між речовинами А і В перебігає за рівнянням:



Початкові концентрації становлять: $[\text{A}]_0 = 0,03$ моль/л, $[\text{B}]_0 = 0,05$ моль/л. Константа швидкості реакції дорівнює 0,4. Знайти початкову швидкість реакції й швидкість реакції після певного часу, коли концентрація речовини А у системі зменшиться на 0,01 моль/л.

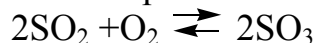
14. У скільки разів необхідно збільшити концентрацію речовини В у системі



щоб при зменшенні концентрації речовини А в 4 рази швидкість прямої реакції не змінилася?

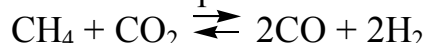
15. Рівняння реакції має вигляд: $2\text{NO} + \text{O}_2 = 2\text{NO}_2$. Концентрації вихідних речовин: $[\text{NO}] = 0,03$ моль/л; $[\text{O}_2] = 0,05$ моль/л. Як зміниться швидкість реакції, якщо збільшити концентрацію кисню до 0,10 моль/л, а концентрацію NO до 0,06 моль/л?

16. Написати вираз для константи рівноваги гомогенної системи



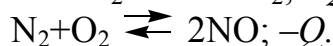
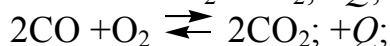
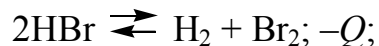
Як зміниться швидкість прямої реакції утворення SO_3 , якщо збільшити концентрацію SO_2 в 3 рази?

17. Написати вираз для константи рівноваги гомогенної системи



Як варто змінити температуру й тиск, щоб підвищити вихід водню? Пряма реакція утворення водню – ендотермічна.

18. Як вплине підвищення тиску при незмінній температурі на рівновагу наступних систем



В який бік змістяться рівноваги при підвищенні температури? Написати вираз для швидкостей прямих реакцій систем.

19. Рівновага реакції $2\text{SO}_2 + \text{O}_2 \rightleftharpoons 2\text{SO}_3$ встановилася за наступних концентрацій реагуючих речовин: $[\text{SO}_2] = 0,1$ моль /л, $[\text{O}_2] = 0,05$ моль /л, $[\text{SO}_3] = 0,9$ моль/л. Розрахувати, як зміниться швидкість прямої й швидкість зворотної реакції, якщо зменшити об'єм, який займають гази вдвічі. Чи зміститься при цьому рівновага? Відповідь дати на підставі розрахунку.

20. У дві посудини однакової ємності введено: 1 моль газу А і 2 моль газу В – у першу, 2 моль газу А і 1 моль газу В – у другу. Температура в обох посудинах однакова. Чи з однаковою швидкістю буде протікати реакція між А і В у цих посудинах в наступних випадках:

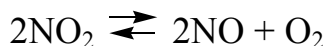
а) якщо вона описується рівнянням



б) якщо вона описується рівнянням

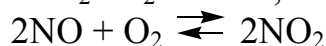
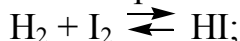


21. При нагріванні NO_2 у закритій посудині до певної температури рівновага реакції



встановилася за наступних концентрацій: $[\text{NO}_2] = 0,06$ моль/л, $[\text{NO}] = 0,24$ моль/л, $[\text{O}_2] = 0,12$ моль /л. Знайти константу рівноваги за цієї температури й вихідну концентрацію.

22. Розрахувати, як зміняться швидкості прямих і зворотних реакцій у зазначених нижче рівноважних системах при збільшенні тиску вдвічі:



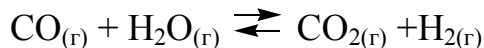
Виходячи з результатів розрахунку, зробіть висновок, як відіб'ється на рівновазі цих систем зазначена вище зміна тиску.

23. Зазначити, якими змінами концентрацій реагуючих речовин можна зсунути вправо рівновагу реакції



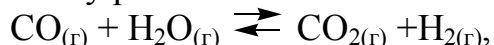
Яким тепловим ефектом супроводжується утворення CO в цій реакції, якщо підвищення температури зміщує рівновагу вправо?

24. Константа рівноваги гомогенної системи



за певної температури дорівнює 1. Обчислити рівноважні концентрації усіх реагуючих речовин, якщо вихідні концентрації: $[\text{CO}] = 0,10$ моль/л, $[\text{H}_2\text{O}] = 0,40$ моль/л.

25. Розрахувати константу рівноваги гомогенної системи



якщо рівноважні концентрації реагуючих речовин $[\text{CO}] = 0,004$ моль/л; $[\text{H}_2\text{O}] = 0,064$ моль/л; $[\text{CO}_2] = 0,016$ моль/л; $[\text{H}_2] = 0,016$ моль/л. Як впливає зміна тиску в системі на стан хімічної рівноваги?

Завдання 4

Хіміко-термодинамічні розрахунки

Хімічна термодинаміка – це наука, що вивчає перехід енергії з однієї форми в іншу; енергетичні ефекти, що супроводжують хімічні та фізичні процеси; можливість і напрямок перебігу того чи іншого процесу.

Стан системи і зміни, що відбуваються в ній, характеризують за допомогою так званих термодинамічних функцій (характеристик): внутрішньої енергії U , ентальпії H , ентропії S , енергії Гіббса G , тощо.

Для будь-якого процесу справедливий закон збереження енергії:

$$Q = \Delta U + A.$$

Це означає, що підведена до системи теплота Q у загальному випадку витрачається на зміну її внутрішньої енергії ΔU і на виконання роботи A .

Під внутрішньою енергією системи U слід розуміти загальний її запас, тобто енергію поступального й обертального руху молекул, енергію внутрішньомолекулярних коливань атомів і атомних груп, енергію руху електронів в атомах, внутрішньоядерну енергію, тобто усі види енергії, окрім кінетичної і потенціальної енергії системи в цілому. Під величиною A розуміють роботу, що протидіє всім силам, які діють на систему (зовнішній тиск, електричне і магнітне поля, тощо).

Суму внутрішньої енергії і добутку об'єму речовини на зовнішній тиск називають **ентальпією** і позначають літерою H :

$$H = U + pV.$$

Наукове і практичне значення має зміна ентальпії $\Delta H = H_2 - H_1$.

Якщо при цьому виконується тільки робота розширення, і система перебуває за сталого тиску, то $A = p(V_2 - V_1) = p\Delta V$.

Звідси можна записати:

$$\Delta H = \Delta U + p\Delta V,$$

$Q_p = \Delta U + p\Delta V = \Delta H$ (Q_p – теплота, яку поглинула система за умови сталості тиску).

Зміну ентальпії під час перебігу різних процесів визначають так само, як і зміну внутрішньої енергії, тільки визначення проводять за умови сталості тиску. Так, при нагріванні речовини

$$\Delta U = Q_v = nC_v\Delta T \text{ і } \Delta H = Q_p = nC_p\Delta T,$$

де n – кількість моль речовини;

C_v – мольна теплоємність речовини за умови сталості об'єму;

C_p – мольна теплоємність речовини за умови сталості тиску.

Зміна ентальпії у хімічних реакціях відповідає взятій з протилежним знаком величині теплового ефекту реакції, що відбувається за умов сталості температури і тиску.

Розділ хімічної термодинаміки, який розглядає дослідження теплових ефектів, називається **термохімією**.

В основі термохімічних розрахунків лежить **закон Гесса**:

Тепловий ефект реакції не залежить від проміжних стадій, а визначається тільки початковим і кінцевим станом системи.

У термохімії процеси записують за допомогою **термохімічних рівнянь**, що на відміну від хімічних рівнянь доповнені вказівками про агрегатні стани речовин і даними про тепловий ефект реакції ΔH . Якщо $\Delta H > 0$ ($Q < 0$), то теплота поглинається і реакція – **ендотермічна**. Якщо $\Delta H < 0$ ($Q > 0$), то теплота виділяється і реакція – **екзотермічна**.

Тепловий ефект реакції, розрахований відносно одного моль сполуки за температури 298.15 К (25⁰С) і тиску 101325 Па (1 атм), називають стандартним тепловим ефектом ΔH_{298}^0 .

Стандартна теплота утворення $\Delta H_{f, 298}^0$ (f – formation) хімічної сполуки – це зміна ентальпії (тепловий ефект) у процесі утворення 1 моль цієї сполуки за стандартних умов. Стандартні теплоти утворення відомі для багатьох речовин.

За допомогою стандартних теплот утворення можна визначити тепловий ефект реакції. За стандартних умов згідно з наслідком із закону Гесса: **тепловий ефект реакції** дорівнює різниці між алгебраїчною сумою теплот утворення продуктів реакції, помножених на стехіометричні коефіцієнти, та алгебраїчною сумою теплот утворення вихідних речовин, помножених на стехіометричні коефіцієнти:

$$\Delta H_{298}^0 = \sum_i n_i \Delta H_{f, 298, i}^0 (\text{продукти}) - \sum_i n_i \Delta H_{f, 298, i}^0 (\text{вихідні речовини})$$

де n_i – стехіометричні коефіцієнти рівняння реакції.

Ентропія S – це термодинамічна функція, яка є кількісною мірою неупорядкованості даної системи. Чим більша ентропія, тим вище ступінь неупорядкованості. Зміну ентропії ΔS в хімічних процесах за стандартних умов обчислюють аналогічно обчисленню ΔH за законом Гесса:

$$S_{298}^0 = \sum_i n_i S_{298, i}^0 (\text{продукти}) - \sum_i n_i S_{298, i}^0 (\text{вихідні речовини}),$$

де S_{298}^0 – стандартні ентропії речовин за $T = 298.15\text{К}$ і $p = 101325\text{ Па}$.

З метою вирішення питання про можливість перебігу реакції визначають зміну енергії Гіббса. За умов $p = \text{const}$ і $T = \text{const}$ $\Delta G = \Delta H - T\Delta S$.

Умовою можливості самодовільного перебігу реакції у прямому напрямку є $\Delta G_{p, T} < 0$.

Приклад. Визначити можливість самодовільного перебігу реакції $\text{Al}_2\text{O}_3 + 3\text{SO}_3 = \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ за стандартних умов. Записати термохімічне рівняння.

Реакція самодовільно перебігає в прямому напрямку, якщо $\Delta G_{p, T} < 0$.

$\Delta G = \Delta H - T\Delta S$. За стандартних умов $\Delta G_{298}^0 = \Delta H_{298}^0 - T\Delta S_{298}^0$ ($T = 298\text{К}$).

$$\Delta H_{298}^0 = \Delta H_{f, 298}^0 (\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3) - [\Delta H_{f, 298}^0 (\text{Al}_2\text{O}_3) + 3\Delta H_{f, 298}^0 (\text{SO}_3)].$$

Згідно з даними таблиці 2 (дод. А) маємо:

$$\Delta H_{298}^0 = -3434 - (-1675 - 3 \cdot 395,2) = -753,3 \text{ кДж}.$$

$$\Delta S_{298}^0 = S_{298}^0 (\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3) - [S_{298}^0 (\text{Al}_2\text{O}_3) + 3S_{298}^0 (\text{SO}_3)] = 239,2 - (50,94 + 3 \cdot 256,23) = -580,43 \frac{\text{Дж}}{\text{К}}.$$

$$\Delta H_{298}^0 = -753,3 \text{ кДж}; \Delta S_{298}^0 = -580,43 \frac{\text{Дж}}{\text{К}} = -0,58 \frac{\text{кДж}}{\text{К}}.$$

$$\Delta G_{298}^0 = -753,3 - 298 \cdot (-0,58) = -580,46 \text{ кДж}.$$

Оскільки $\Delta G_{298}^0 < 0$, то реакція буде відбуватися самодовільно в прямому напрямку.

Термохімічне рівняння цієї реакції має наступний вигляд:



Виконати завдання № 4

Для наведених нижче реакцій обчислити зміни ентальпії, ентропії, а також енергії Гіббса (необхідні дані дивіться у дод. А, табл. 2). Чи можуть за стандартних умов при 298 К самодовільно перебігати реакції у прямому напрямку?

Номер варіанта	Рівняння реакції
1	$2\text{H}_2 + \text{CO} = \text{CH}_3\text{OH}_{(\text{г})}$
2	$4\text{HCl} + \text{O}_2 = 2\text{H}_2\text{O}_{(\text{г})} + 2\text{Cl}_2$
3	$\text{NH}_4\text{Cl} = \text{NH}_3 + \text{HCl}$
4	$2\text{N}_2 + 6\text{H}_2\text{O}_{\text{г}} = 4\text{NH}_3 + 3\text{O}_2$
5	$4\text{NO} + 6\text{H}_2\text{O}_{(\text{г})} = 4\text{NH}_3 + 5\text{O}_2$
6	$2\text{NO}_2 = 2\text{NO} + \text{O}_2$
7	$\text{Mg}(\text{OH})_2 = \text{MgO} + \text{H}_2\text{O}_{(\text{г})}$
8	$\text{CaCO}_3 = \text{CaO} + \text{CO}_2$
9	$\text{Ca}(\text{OH})_2 = \text{CaO} + \text{H}_2\text{O}_{(\text{г})}$
10	$2\text{SO}_2 + \text{O}_2 = 2\text{SO}_3$
11	$\text{SO}_2 + \text{Cl}_2 = \text{SO}_2\text{Cl}_{2(\text{г})}$
12	$\text{CO} + 3\text{H}_2 = \text{CH}_4 + \text{H}_2\text{O}_{(\text{г})}$
13	$\text{CO} + \text{Cl}_2 = \text{COCl}_{2(\text{г})}$
14	$\text{CO}_2 + \text{H}_2 = \text{CO} + \text{H}_2\text{O}_{(\text{г})}$
15	$\text{CO}_2 + 4\text{H}_2 = \text{CH}_4 + 2\text{H}_2\text{O}_{(\text{г})}$
16	$2\text{CO}_2 = 2\text{CO} + \text{O}_2$
17	$\text{CH}_4 + \text{CO}_2 = 2\text{CO} + 2\text{H}_2$
18	$\text{C}_2\text{H}_6 = \text{C}_2\text{H}_4 + \text{H}_2$
19	$\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}_{(\text{г})} = \text{C}_2\text{H}_4 + \text{H}_2\text{O}_{(\text{г})}$
20	$\text{CH}_3\text{CHO}_{(\text{г})} + \text{H}_2 = \text{C}_2\text{H}_5\text{OH}_{(\text{г})}$
21	$\text{C}_6\text{H}_{6(\text{г})} + 3\text{H}_2 = \text{C}_6\text{H}_{12(\text{г})}$
22	$1/2\text{S}_{2(\text{г})} + 2\text{H}_2\text{O}_{(\text{г})} = \text{SO}_2 + 2\text{H}_2$
23	$\text{N}_2\text{O}_4 = 2\text{NO}_2$
24	$1/2\text{S}_{2(\text{г})} + 2\text{CO}_2 = \text{SO}_2 + 2\text{CO}$
25	$2\text{CO} + \text{SO}_2 = 1/2\text{S}_{2(\text{г})} + 2\text{CO}_2$

Завдання 5

Розчини. Способи вираження складу розчину

Позначення:

X – розчинена речовина;

$m(X)$ – маса речовини, г;

$m_{\text{р-ну}}$ – маса розчину, г;

$m(Y)$ – маса розчинника, г;

$V_{\text{р-ну}}$ – об'єм розчину, л;

$\rho_{\text{розч.}}$ – густина розчину, г/см³;

$n(X)$ – кількість речовини, моль;

$f_{\text{екв}}(X)$ – фактор еквівалентності речовини;

$n(f_{\text{екв}}(X)X)$ – кількість речовини еквівалента, моль;

$M(X)$ – молярна маса речовини, г/моль;

$M(f_{\text{екв}}(X)X)$ – молярна маса еквівалента речовини, г/моль.

ІЮПАК рекомендує використовувати кілька способів вираження кількісного складу розчинів, які ґрунтуються на сталості маси розчину, розчиненої речовини, розчинника чи об'єму розчину.

Концентрація розчиненої речовини – це фізична величина, яка є кількісною мірою складу розчину. Концентрація – це відношення не однотипних величин. Відношення однотипних величин, наприклад, відношення маси розчиненої речовини до маси розчину, називається *часткою*.

Існують різні способи чисельного вираження складу розчинів.

Масова частка речовини в розчині – $\omega(X)$ – це відношення маси розчиненої речовини $m(X)$, що міститься в розчині, до загальної маси цього розчину $m_{\text{р-ну}}$:

$$\omega(X) = \frac{m(X)}{m_{\text{р-ну}}} \text{ або } \omega(X) = \frac{m(X)}{m_{\text{р-ну}}} \cdot 100\%.$$

Одиниця вимірювання – відносна. Допускається виражати масову частку речовини у частках одиниці або відсотках. $\omega(X)$ в % називають також **відсотковою** (процентною) **концентрацією**, яка вказує масу речовини в грамах, що міститься у 100 г розчину.

Наприклад, масова частка речовини H_2SO_4 у розчині сульфатної кислоти дорівнює 20 %. Це означає, що у розчині сульфатної кислоти масою 100 г міститься речовина H_2SO_4 масою 20 г.

2. Молярна або мольна частка розчиненої речовини X у розчині — це відношення кількості речовини X (в молях), що міститься у цьому розчині, до загальної кількості речовин у розчині (в молях).

Форма запису:

$$\chi(X) = \frac{n(X)}{n(X) + n(Y)} = \frac{m(X)/M(X)}{m(X)/M(X) + m(Y)/M(Y)},$$

де $\chi(X)$ – молярна або мольна частка розчиненої речовини X;

$n(X)$ – кількість молів розчиненої речовини X;

$n(Y)$ – кількість молів розчинника Y.

Одиниця вимірювання відносна.

Допускається виражати молярну або мольну частку в таких же одиницях, як і масову частку розчиненої речовини у розчині.

3. Молярна концентрація речовини X у розчині – $c(X)$ – кількість моль речовини, що міститься в 1 л (або дм^3) розчину; виражається у моль/л, моль/ дм^3 ; дорівнює відношенню кількості речовини $n(X)$, що міститься в розчині, до об'єму цього розчину ($V_{\text{р-ну}}$):

$$c(X) = \frac{n(X)}{V_{\text{р-ну}}} = \frac{m(X)}{M(X) \cdot V_{\text{р-ну}}} \text{ (моль/л)}$$

В СІ основною одиницею молярної концентрації є моль/ м^3 , а для практичного користування — моль/ дм^3 або моль/л.

Наприклад, молярна концентрація речовини натрій хлориду (NaCl) у розчині записується наступним чином:

$$c(\text{NaCl}) = \frac{n(\text{NaCl})}{V_{\text{рі.р-ну}}} = \frac{m(\text{NaCl})}{M(\text{NaCl}) \cdot V_{\text{рі.р-ну}}}, \text{ моль/дм}^3.$$

Термін «молярна концентрація» повністю охоплює термін «молярність». Тому термін «молярність розчину» не рекомендується використовувати. Наприклад, не можна говорити «молярність розчину сульфатної кислоти (H_2SO_4) 1М».

Не допускається скорочення M для позначення одиниць вимірювання молярної концентрації. Не слід писати $c(\text{HCl}) = 0,1\text{М}$.

4. Молярна концентрація еквівалента у розчині або нормальна концентрація (застаріла назва «еквівалентна» концентрація) — це відношення кількості моль еквівалентів ($n(f_{\text{екв}}(X)X)$) у розчині до об'єму цього розчину ($V_{\text{розч.}}$). Форма запису:

$$c(f_{\text{екв}}(X)X) = \frac{n(f_{\text{екв}}(X)X)}{V_{\text{розч.}}} = \frac{m(X)}{M(f_{\text{екв}}(X)X) \cdot V_{\text{розч.}}}$$

Одиниця вимірювання молярної концентрації еквівалента є моль/ м^3 , а для практичного користування — моль/ дм^3 або моль/л.

Наприклад, для сульфатної кислоти молярна концентрація еквівалента записується так:

$$c\left(\frac{1}{2}\text{H}_2\text{SO}_4\right) = \frac{m(\text{H}_2\text{SO}_4)}{M\left(\frac{1}{2}\text{H}_2\text{SO}_4\right) \cdot V_{\text{розч.}}}.$$

За рекомендаціями ІЮПАК, якщо 1 моль речовини еквівалента $f_{\text{екв}}(X)X$ розчинено в 1дм^3 розчину, то саме цей розчин можна назвати нормальним розчином.

Не допускається скорочення n. або N для позначення одиниць вимірювання молярної концентрації еквівалента. Не слід писати $c\left(\frac{1}{2}\text{H}_2\text{SO}_4\right) = 0,1\text{н}$. Використання термінів «грам-еквівалент» і «грам - еквівалент/літр» також не допускається!

Термін «нормальність» не рекомендується використовувати.

Використання розчинів з нормальною концентрацією на практиці чи поняття «нормальний» розчин в розрахунках обов'язково вимагає знань рівнянь відповідних реакцій.

Між молярною концентрацією речовини X у розчині і нормальною концентрацією речовини X у розчині є зв'язок.

$$c(f_{\text{екв}}(X)X) = \frac{c(X)}{f_{\text{екв}}(X)}$$

Наприклад: 1М розчин H_2SO_4 відповідає 2н. розчину H_2SO_4 ($f_{\text{екв}}(\text{H}_2\text{SO}_4) = \frac{1}{2}$); 0,06М розчин H_2SO_4 відповідає 0,12н. розчину H_2SO_4 ($f_{\text{екв}}(\text{H}_2\text{SO}_4) = \frac{1}{2}$); 0,1н. розчин KMnO_4 ($f_{\text{екв}}(\text{KMnO}_4) = \frac{1}{5}$) відповідає 0,02М розчину KMnO_4 .

5. Моляльність розчиненої речовини в розчині – $b(X/Y)$ – кількість моль речовини X, що міститься в 1 кг розчинника Y; дорівнює відношенню кількості речовини $n(X)$ (моль), що міститься у розчині, до маси розчинника $m(Y)$ (кг) цього розчину. Форма запису:

$$b(X/Y) = \frac{n(X)}{m(Y)} = \frac{m(X)}{M(X) \cdot m(Y)} \text{ (моль/кг),}$$

де $m(Y)$ – маса розчинника, кг;

$$\text{або } b(X/Y) = \frac{n(X)}{m(Y)} = \frac{m(X) \cdot 1000}{M(X) \cdot m(Y)} \text{ (моль/кг),}$$

де $m(Y)$ – маса розчинника, г.

Наприклад, моляльність HCl у водному розчині записують так:

$$b(\text{HCl}/\text{H}_2\text{O}) = \frac{n(\text{HCl})}{m(\text{H}_2\text{O})} = \frac{m(\text{HCl}) \cdot 1000}{M(\text{HCl}) \cdot m(\text{H}_2\text{O})} \text{ (моль/кг).}$$

Приклад 1. В 320 г води міститься 40 г кальцій хлориду, густина розчину дорівнює $1,08 \text{ г/см}^3$. Визначте масову частку, молярну концентрацію і молярну концентрацію еквівалента, моляльність і молярну частку розчиненої речовини.

Розв'язання: 1. Розрахуємо масову частку кальцій хлориду в розчині:

$$\omega(\text{CaCl}_2) \% = \frac{m(\text{CaCl}_2)}{m(\text{CaCl}_2) + m(\text{H}_2\text{O})} \cdot 100\% = \frac{40}{40 + 320} \cdot 100\% = 11,1\%,$$

2. Розрахуємо молярну концентрацію кальцій хлориду в розчині ($c(\text{CaCl}_2)$).

Спочатку розрахуємо об'єм розчину наступним чином:

$$V_{\text{розч.}} = \frac{m_{\text{розч.}}}{\rho_{\text{розч.}}} = \frac{40 + 320}{1,08} = 333,3 \text{ мл} = 0,3333 \text{ л.}$$

Тоді молярна концентрація хлориду кальцію буде

$$c(\text{CaCl}_2) = \frac{n(\text{CaCl}_2)}{V_{\text{розч.}}} = \frac{m(\text{CaCl}_2)}{M(\text{CaCl}_2) V_{\text{розч.}}} = \frac{40}{111 \cdot 0,3333} = 1,08 \text{ моль/л.}$$

Скорочено молярна концентрація може записуватися (наприклад, для даної задачі) у вигляді 1,08 М.

3. Розрахуємо молярну концентрацію еквівалента або нормальну концентрацію кальцій хлориду в розчині:

$$c(\frac{1}{2}\text{CaCl}_2) = \frac{n(\frac{1}{2}\text{CaCl}_2)}{V_{\text{розч.}}} = \frac{m(\text{CaCl}_2)}{M(\frac{1}{2}\text{CaCl}_2) \cdot V_{\text{розч.}}} = \frac{40}{111 \cdot 0,5 \cdot 0,3333} = 2,16 \text{ моль/л}$$

Скорочено молярна концентрація еквівалента може записуватися (наприклад, для цієї задачі) у вигляді 2,16н. або 2,16N.

Молярну концентрацію еквівалента можна розрахувати в інший спосіб, а саме, використовуючи зв'язок між молярною та нормальною концентраціями

$$c(\frac{1}{2}\text{CaCl}_2) = \frac{c(\text{CaCl}_2)}{f_{\text{екв}}(\text{CaCl}_2)} = \frac{1,08}{1/2} = 2,16 \text{ моль/л}$$

4. Розрахуємо молярність кальцій хлориду в розчині.

$$b(\text{CaCl}_2/\text{H}_2\text{O}) = \frac{n(\text{CaCl}_2)}{m(\text{H}_2\text{O})} = \frac{m(\text{CaCl}_2)}{M(\text{CaCl}_2) \cdot m(\text{H}_2\text{O})} = \frac{40}{111 \cdot 0,32} = 1,13 \text{ моль/кг}$$

5. Розрахуємо мольну або молярну частку хлориду кальцію в розчині.

$$\chi(\text{CaCl}_2) = \frac{n(\text{CaCl}_2)}{n(\text{CaCl}_2) + n(\text{H}_2\text{O})} = \frac{m(\text{CaCl}_2)/M(\text{CaCl}_2)}{m(\text{CaCl}_2)/M(\text{CaCl}_2) + m(\text{H}_2\text{O})/M(\text{H}_2\text{O})} = \frac{40/111}{40/111 + 320/18} = 0,02.$$

Виконати завдання № 5

1. а) 10 см³ розчину H₂SO₄ з молярною концентрацією 1 моль/дм³ довели дистильованою водою до 1дм³. Якою стала молярна концентрація розчиненої речовини у розчині?

б) В бензолі об'ємом 170 мл розчинили сірку масою 1,8г. Розрахуйте масову частку (%) сірки у розчині, якщо густина бензолу дорівнює 0,88 г/мл.

2. а) 4 г кристалічного NaOH розчинили в 1дм³ води. Розрахуйте молярну концентрацію NaOH в одержаному розчині.

б) змішали 150 г 20%-вого і 250 г 40%-вого розчинів NaOH. Розрахуйте масову частку (%) NaOH в одержаному розчині.

3. а) яку масу води необхідно додати до 100 см³ 27%-вого розчину КОН (ρ = 1,25 г/см³), щоб одержати 3%-вий розчин КОН?

б) змішали 200 см³ 5М і 300 см³ 3М розчинів NaCl. Розрахуйте молярну концентрацію розчиненої речовини в одержаному розчині.

4. а) в 420 г води розчинили 180 г нітрату калію. Розрахуйте масову частку (%) розчиненої речовини в одержаному розчині.

б) розрахуйте об'єм 35%-вого HCl (ρ = 1,18 г/см³), необхідний для приготування 100 см³ 30%-вого розчину HCl (ρ = 1,155 г/см³).

5. а) розрахуйте молярну концентрацію H₂SO₄ у 8%-вому розчині, густина якого 1,052 г/см³. Скільки грамів кислоти міститься в 4 л цього розчину?

б) змішали 120 г 9%-вого і 380 г 12%-вого розчинів КОН. Розрахуйте масову частку (%) КОН в одержаному розчині.

6. а) 10 см³ 2М розчину HCl довели дистильованою водою до 50 см³. Розрахуйте молярну концентрацію розчиненої речовини в одержаному розчині.

б) змішали 300 г 40%-вого і 700 г 10%-вого розчинів H_2SO_4 . Розрахуйте масову частку (%) H_2SO_4 в одержаному розчині.

7. а) 10 см^3 2М розчину NaOH довели дистильованою водою до 200 см^3 . Розрахуйте молярну концентрацію розчиненої речовини в одержаному розчині.

б) розрахуйте молярну концентрацію розчиненої речовини в 20%-вому розчині HCl ($\rho = 1,1\text{ г/см}^3$).

8. а) розрахуйте масову частку (%) розчиненої речовини в 5М розчині нітратної кислоти ($\rho = 1,16\text{ г/см}^3$).

б) змішали 300 г 10%-вого і 100 г 30%-вого розчинів NaOH . Розрахуйте масову частку (%) NaOH в одержаному розчині.

9. а) до 100 см^3 10%-вого розчину NaOH ($\rho = 1,11\text{ г/см}^3$) додали 8 г сухого NaOH . Розрахуйте масову частку (%) NaOH в одержаному розчині.

б) змішали 100 см^3 10%-вого розчину HNO_3 (густина $1,056\text{ г/см}^3$) і 100 см^3 30%-вого розчину HNO_3 (густина $1,184\text{ г/см}^3$). Визначте відсоткову концентрацію розчиненої речовини в одержаному розчині.

10. а) яку масу мідного купоросу ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) необхідно зважити, щоб приготувати 100 см^3 0,05М розчину CuSO_4 ?

б) змішали 200 см^3 10%-вого ($\rho = 1,11\text{ г/см}^3$) і 100 см^3 40%-вого ($\rho = 1,43\text{ г/см}^3$) розчинів NaOH . Розрахуйте масову частку (%) NaOH в одержаному розчині.

11. а) яка маса кристалогідрату сульфату алюмінію $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$ знадобиться для приготування 1 дм^3 0,6М розчину $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$?

б) яку масу води необхідно додати до 200 г 20%-вого розчину KOH , щоб одержати 8%-вий розчин KOH ?

12. а) змішали 100 см^3 0,5М і 200 см^3 0,2М розчинів HCl . Розрахуйте молярну концентрацію розчиненої речовини в одержаному розчині.

б) розрахуйте молярну концентрацію розчиненої речовини в 10%-вому розчині H_2SO_4 ($\rho = 1,07\text{ г/см}^3$).

13. а) до 300 г 10%-вого розчину KOH додали 20 г сухого KOH . Розрахуйте масову частку (%) KOH в одержаному розчині.

б) мішали 150 г 20%-вого і 250 г 40%-вого розчинів NaOH . Розрахуйте масову частку (%) NaOH в одержаному розчині.

14. а) яку масу води необхідно додати до 100 см^3 12%-вого розчину KOH ($\rho = 1,11\text{ г/см}^3$), щоб одержати 4%-вий розчин KOH ?

б) змішали 100 см^3 0,5М і 200 см^3 0,2М розчинів хлоридної кислоти. Розрахуйте масу розчиненої речовини в одержаному розчині.

15. а) Із 300 г 10%-вого розчину NaCl за допомогою випарювання видалили 100 г води. Розрахуйте масову частку (%) NaCl в одержаному розчині.

б) змішали 200 см^3 10%-вого ($\rho = 1,11\text{ г/см}^3$) і 100 см^3 40%-вого ($\rho = 1,43\text{ г/см}^3$) розчинів NaOH . Розрахуйте масу розчиненої речовини в одержаному розчині.

16. а) яку масу сухого KOH необхідно додати до 200г 8%-вого KOH , щоб одержати 20%-вий розчин KOH ?

б) змішали 500 см^3 $0,25\text{M}$ і 100 см^3 $0,35\text{M}$ розчинів H_2SO_4 . Розрахуйте молярну концентрацію розчиненої речовини в одержаному розчині.

17. а) який об'єм 35% -вого розчину HCl ($\rho = 1,174\text{ г/мл}$) необхідно відміряти, щоб приготувати 500 см^3 $0,1\text{M}$ розчину HCl ?

б) 10 см^3 1M розчину H_2SO_4 довели дистильованою водою до 500 см^3 . Розрахуйте молярну концентрацію розчиненої речовини в одержаному розчині.

18. а) який об'єм 96% -вого розчину H_2SO_4 ($\rho = 1,84\text{ г/см}^3$) необхідно відміряти, щоб приготувати 500 см^3 $0,05\text{M}$ розчину H_2SO_4 ?

б) змішали 150 г 10% -вого і 250 г 5% -вого розчинів NaOH . Розрахуйте масову частку (%) NaOH в одержаному розчині.

19. а) який об'єм 22% -вого розчину HCl (густина $1,108\text{ г/см}^3$) потрібний для приготування 1 л 8% -вого розчину (густина $1,038\text{ г/см}^3$)?

б) яку масу KOH потрібно розчинити в 450 г води для приготування 10% -вого розчину?

20. а) из 5 кг 20% -вого розчину при охолодженні виділилося 500 г солі. Чому дорівнює відсоткова концентрація солі охолодженого розчину?

б) розрахуйте молярну концентрацію хлориду кальцію в 10% -вому розчині, густина якого $1,083\text{ г/см}^3$.

21. а) який об'єм 35% -вого розчину HCl ($\rho = 1,174\text{ г/см}^3$) необхідно відміряти, щоб приготувати 1 л $0,05\text{M}$ розчину HCl ?

б) до 3 л 10% -вого розчину HNO_3 густиною $1,054\text{ г/см}^3$ додали 5 л 2% -вого розчину тієї ж кислоти густиною $1,009\text{ г/см}^3$. Розрахуйте відсоткову концентрацію HNO_3 у розчині, що утворився.

22. а) розрахуйте молярну концентрацію розчиненої речовини в 10% -вому розчині HCl ($\rho = 1,05\text{ г/см}^3$).

б) змішали 200 г 40% -вого і 800 г 10% -вого розчинів H_2SO_4 . Розрахуйте масову частку (%) H_2SO_4 в одержаному розчині.

23. а) до 3 л 10% -вого розчину HNO_3 густиною $1,054\text{ г/см}$ додали 5 л 2% -вого розчину тієї ж кислоти густиною $1,009\text{ г/см}^3$. Розрахуйте молярну концентрацію розчиненої речовини у розчині, що утворився, якщо його об'єм дорівнює 8 л .

б) скільки грамів сухого AlCl_3 необхідно зважити для приготування 1 дм^3 $0,1\text{M}$ розчину AlCl_3 ?

24. а) розрахуйте молярну концентрацію розчиненої речовини 8% -вого розчину KOH ($\rho = 1,072\text{ г/см}^3$).

б) визначте масу 10% -вого розчину цукру, в якому необхідно розчинити 30 г цукру, щоб утворився 20% -вий розчин.

25. а) визначте масу води та 60% -вого розчину цукру, необхідні для приготування 600 г 20% -вого розчину цукру.

б) розрахуйте молярну концентрацію хлориду алюмінію в 16% -вому розчині, густина якого дорівнює $1,149\text{ г/см}^3$.

Завдання 6

Фізико-хімічні властивості розчинів

Цей розділ містить 4 підрозділи:

6.1 Електроліти. Дисоціація. Ступінь і константа дисоціації. Йонний добуток води. Водневий показник рН.

6.2 Гідроліз солей. Константа гідролізу.

6.3 Колігативні властивості розбавлених розчинів неелектролітів і електролітів.

У кожному підрозділі міститься свої теорія, приклади і завдання.

6.1 Електроліти. Дисоціація. Ступінь і константа дисоціації.

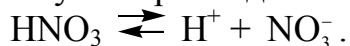
Йонний добуток води. Водневий показник рН

Електролітами називають речовини, розчини або розплави яких проводять електричний струм. Провідниками електричного струму в розчинах є позитивно заряджені (катіони) і негативно заряджені (аніони) частинки – йони. Вони утворюються внаслідок дисоціації молекул відповідного електроліту.

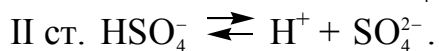
Електролітична дисоціація – процес розпаду молекул електроліту на йони під впливом полярних молекул розчинника.

Електроліти різною мірою дисоціюють на йони. Кількісно повноту перебігу процесу дисоціації характеризують **ступенем дисоціації α** , який дорівнює відношенню кількості молекул електроліту, що розпалися на йони у розчині, до загальної кількості молекул. Величина ступеня дисоціації залежить від природи розчиненої речовини і природи розчинника, від температури та концентрації розчину. $0 \leq \alpha \leq 1$ або $0\% \leq \alpha \leq 100\%$. За величиною ступеня дисоціації у розчинах з молярною концентрацією еквівалента 0,1 моль/л електроліти поділяють на сильні ($\alpha > 30\%$) і слабкі ($\alpha < 3\%$). До сильних електролітів належать майже всі розчинні солі, луги, деякі кислоти (H_2SO_4 , HNO_3 , HCl , HBr , HI , HClO_4 тощо).

Згідно з теорією електролітичної дисоціації, **кислоти** – це електроліти, які у процесі дисоціації у водному розчині **як катіон** утворюють тільки йони Гідрогену. Наприклад:



Багатоосновні кислоти дисоціюють ступінчасто:

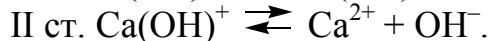
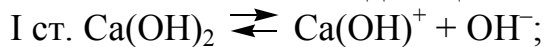


За першим ступенем дисоціація відбувається більш повно.

Основи – це електроліти, які у процесі дисоціації у водному розчині **як аніон** утворюють тільки гідроксид-іони OH^- . Наприклад:



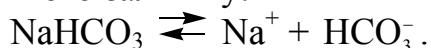
Багатоосновні основи дисоціюють ступінчасто:



Середні солі дисоціюють з утворенням катіонів металу та аніонів кислотного залишку:

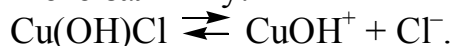


При дисоціації **кислих солей** утворюється катіон металу та аніон кислого кислотного залишку:

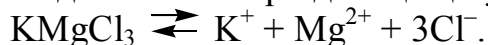


Подальша дисоціація йону HCO_3^- ($\text{HCO}_3^- \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{CO}_3^{2-}$) відбувається надзвичайно мало. Тому при написанні йонних рівнянь ми цей процес не фіксуємо.

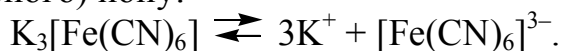
Основні солі при дисоціації утворюють гідроксокатіон металу та аніон кислотного залишку:



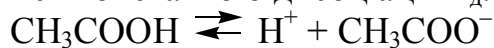
Подвійні солі при дисоціації утворюють прості йони:



Комплексні солі дисоціюють з утворенням простого і складного (комплексного) йону:



Процес дисоціації є зворотним. Тому для нього, як і для будь-якого зворотного процесу, можна записати константу рівноваги, яка в цьому випадку називається константою дисоціації K_d . Наприклад:



$$K_d = \frac{[\text{H}^+][\text{CH}_3\text{COO}^-]}{[\text{CH}_3\text{COOH}]}.$$

Величина K_d залежить тільки від природи речовин і температури.

Для **слабких електролітів** зв'язок між молярною концентрацією (c), ступенем дисоціації (α) і константою дисоціації (K_d) має вигляд:

$$K_d = \frac{c \cdot \alpha^2}{1 - \alpha},$$

де c – загальна молярна концентрація електроліту, моль/л;

α – ступінь дисоціації.

Це рівняння є математичним виразом **закону розбавлення Оствальда**.

Для більшості слабких електролітів $\alpha \ll 1$, тому рівняння можна спростити:

$$K_d \approx c \cdot \alpha^2, \text{ звідки } \alpha = \sqrt{\frac{K_d}{c}}.$$

Це рівняння виражає залежність ступеня дисоціації слабого електроліту від концентрації (із збільшенням концентрації розчину ступінь дисоціації електроліту зменшується). Підвищення температури приводить до збільшення ступеня дисоціації.

Хімічні реакції, що відбуваються між розчинами електролітів, можна зображувати у вигляді молекулярних та йонних рівнянь.

Наприклад:

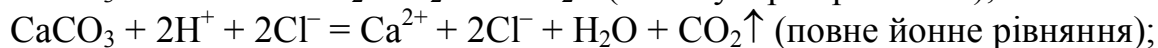
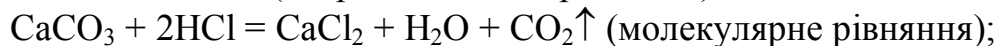
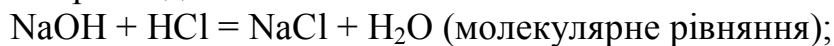


$\text{Ba}^{2+} + 2\text{Cl}^- + 2\text{Na}^+ + \text{SO}_4^{2-} = \text{BaSO}_4\downarrow + 2\text{Na}^+ + 2\text{Cl}^-$ (**повне йонне рівняння**);



При складанні йонного рівняння в молекулярному стані залишають осад, слабкий електроліт і летку сполуку.

Наприклад:



Дисоціація води. Водневий показник

Вода – дуже слабкий електроліт, який частково дисоціює згідно з рівнянням:



$$K_d = \frac{[\text{H}^+][\text{OH}^-]}{[\text{H}_2\text{O}]} = 1,8 \cdot 10^{-16} \text{ (при } 25^\circ\text{C).}$$

$[\text{H}_2\text{O}]$ залишається сталою величиною:

$$[\text{H}_2\text{O}] = \frac{1000 \text{ г}}{18 \text{ г/моль} \cdot 1 \text{ л}} = 55,56 \text{ моль/л.}$$

$$\text{Тому } K_d \cdot [\text{H}_2\text{O}] = \text{const} = 10^{-14}.$$

$[\text{H}^+][\text{OH}^-] = 10^{-14}$ – **іонний добуток води.**

У чистій воді $[\text{H}^+] = [\text{OH}^-] = 10^{-7}$ моль/л – *нейтральне середовище.*

Якщо $[\text{H}^+] > [\text{OH}^-]$ (наприклад, $[\text{H}^+] = 10^{-6}, 10^{-4}$ моль/л) – *кисле середовище.*

Якщо $[\text{H}^+] < [\text{OH}^-]$ (наприклад, $[\text{H}^+] = 10^{-8}, 10^{-10}$ моль/л) – *лужне середовище.*

Зручніше оперувати не концентраціями йонів H^+ й OH^- (дуже малі дробові числа), а від'ємними логарифмами цих величин.

Водневий показник рН – від'ємний логарифм молярної концентрації йонів H^+ :

$$\text{pH} = -\lg[\text{H}^+].$$

Гідроксидний показник рОН – від'ємний десятковий логарифм молярної концентрації йонів OH^- :

$$\text{pOH} = -\lg[\text{OH}^-].$$

Якщо, наприклад, $[\text{H}^+] = 10^{-7}$, то $\text{pH} = -\lg 10^{-7} = 7$. Тому в нейтральному водному розчині $\text{pH} = 7$, в кислому – $\text{pH} < 7$, в лужному – $\text{pH} > 7$.

Взаємозв'язок рН і рОН описується рівнянням

$$\text{pH} + \text{pOH} = 14.$$

Приклад. Обчисліть концентрацію Гідроген - іонів і значення рН в 0,3М розчині нітритної кислоти, якщо за температури 25°C константа дисоціації її дорівнює $4 \cdot 10^{-4}$ моль/л.

Розв'язання. Електролітична дисоціація нітритної кислоти перебігає за рівнянням $\text{HNO}_2 \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{NO}_2^-$. Ступінь дисоціації нітритної кислоти, як слабого електроліту, розраховуємо за рівнянням

$$\alpha = \sqrt{\frac{K_d}{c(\text{HNO}_2)}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 10^{-4}}{0,3}} = 3,65 \cdot 10^{-2}.$$

Концентрація Гідроген - іонів у розчині слабкої нітритної кислоти

$$[\text{H}^+] = \alpha \cdot c(\text{HNO}_2) = 3,65 \cdot 10^{-2} \cdot 0,3 = 1,1 \cdot 10^{-2} \text{ моль/л}$$

Значення водневого показника

$$\text{pH} = -\lg[\text{H}^+] = -\lg 1,1 \cdot 10^{-2} = 2 - \lg 1,1 = 1,96.$$

Виконати завдання № 6.1

Для наведених нижче речовин :

а) скласти рівняння дисоціації;

б) розрахувати ступінь дисоціації (для багатоосновних кислот розрахунок проводити за константою дисоціації I ступеня);

в) для кислот розрахувати концентрацію йонів H^+ , для основ – йонів OH^- .

г) розрахувати pH розчину.

Номер вар.	Формула речовини	Назва речовини	Константа дисоціації [5]	Концент- рація, моль/л
1	HF	фторидна	$6,2 \cdot 10^{-4}$	0,1
2	HCOOH	метанова (форміатна)	$1,8 \cdot 10^{-4}$	0,01
3	HNO ₂	нітритна	$5,1 \cdot 10^{-4}$	0,01
4	HClO	гіпохлоритна	$2,95 \cdot 10^{-8}$	0,001
5	H ₂ S	селенідна	$1,3 \cdot 10^{-3}$	0,1
6	HIO	гіпойодитна	$2,3 \cdot 10^{-11}$	0,01
7	HCN	ціанідна	$5,0 \cdot 10^{-10}$	0,001
8	H ₂ SO ₃	сульфітна	$1,4 \cdot 10^{-2}$	0,1
9	C ₆ H ₄ OHCOOH	саліцилатна (о-гідроксибензойна)	$1,1 \cdot 10^{-3}$	0,1
10	C ₂ H ₄ O ₂ (COOH) ₂	2, 3-дигідроксибутандіова (тарtratна, винна)	$9,1 \cdot 10^{-4}$	0,01
11	H ₃ BO ₃	ортоборатна	$7,1 \cdot 10^{-10}$	0,01
12	C ₃ H ₅ O(COOH) ₃	3-гідрокси-3-карбокси- пентадіова (цитратна, лимонна)	$7,4 \cdot 10^{-4}$	0,1
13	H ₂ S	сульфідна	$1,0 \cdot 10^{-7}$	0,001
14	H ₂ CO ₃	карбонатна	$4,5 \cdot 10^{-7}$	0,001

Продовження таблиці

Номер вар.	Формула речовини	Назва речовини	Константа дисоціації [5]	Концент- рація, моль/л
15	$C_2H_4O(COOH)_2$	2-гідроксибутандіова (малатна, яблучна)	$3,5 \cdot 10^{-4}$	0,01
16	H_3PO_4	фосфатна	$7,1 \cdot 10^{-3}$	0,1
17	$HBrO$	гіпобромітна	$2,2 \cdot 10^{-9}$	0,01
18	$H_2C_2O_4$	етандіова (оксалатна, щавлева)	$5,6 \cdot 10^{-2}$	0,1
19	C_4H_9COOH	пентанова-н (пентаноатна)	$1,4 \cdot 10^{-5}$	0,01
20	CH_3COOH	етанова (ацетатна)	$1,74 \cdot 10^{-5}$	0,01
21	C_3H_7COOH	бутанова-н (бутаноатна)	$1,5 \cdot 10^{-5}$	0,01
22	C_2H_5COOH	пропанова (пропіоноатна)	$1,3 \cdot 10^{-5}$	0,1
23	C_6H_5COOH	бензойна (бензоатна)	$6,3 \cdot 10^{-5}$	0,01
24	C_2H_5OCOOH	2-гідроксипропанова (лактатна, молочна)	$1,5 \cdot 10^{-4}$	0,01
25	NH_4OH	гідроксид амонію	$1,76 \cdot 10^{-5}$	0,01

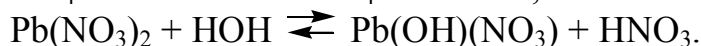
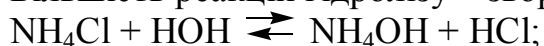
6.2 Гідроліз солей

Слово «гідроліз» буквально означає «розкладання водою». Гідролізом називається усяка взаємодія речовини з водою обмінного характеру, під час якої складові частини речовини з'єднуються зі складовими частинами води. Гідролізуватися можуть хімічні сполуки різних класів: солі, вуглеводи, білки, етери, естери, жири, тощо.

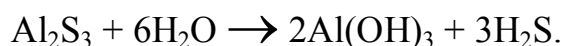
Гідроліз солі є результатом взаємодії іонів солі з молекулами води, що утворюють їх гідратні оболонки.

Реакція обміну між іонами розчиненої солі та іонами води, внаслідок якої утворюється слабкий електроліт, називається **гідролізом солі**.

Більшість реакцій гідролізу – зворотні:



Якщо основа чи кислота, що утворюють сіль, є не тільки слабкими електролітами, але й малорозчинними або нестійкими і розкладаються з утворенням летких продуктів, то в цьому випадку гідроліз солі перебігає незворотно:



Здатність солей гідролізуватися залежить від властивостей іонів, що утворюють сіль, і від зовнішніх факторів (температури, концентрації розчину).

Відсутність гідролізу в розчинах солей

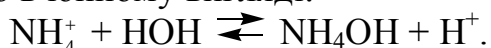
Солі, утворені сильними кислотами і сильними основами (NaCl , KNO_3 , BaCl_2 , K_2SO_4 , NaClO_4 тощо) не піддаються гідролізу. При розчиненні у воді вони розпадаються на катіони сильних основ і аніони сильних кислот, які не здатні при взаємодії з водою утворити молекули слабких електролітів. Водні розчини таких солей мають нейтральну реакцію середовища ($\text{pH} = 7$).

Гідроліз за катіоном

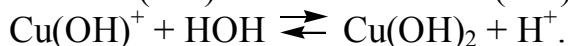
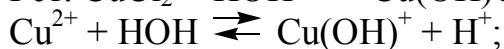
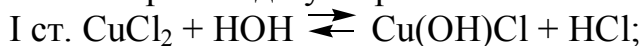
Солі, утворені слабкими основами і сильними кислотами, гідролізуються за катіоном:



або в іонному вигляді:



Гідроліз солей, до складу яких входять багатовалентні катіони, перебігає ступінчасто через стадії утворення основних солей:



У таких випадках гідроліз майже повністю припиняється на перших стадіях (накопичення іонів H^+ зміщує рівновагу в бік вихідних речовин).

Більш повному гідролізу сприяє розбавлення розчину і підвищення температури. (У такому випадку можна враховувати гідроліз і за другим ступенем).

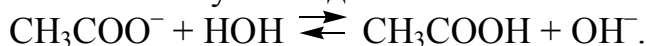
Водні розчини солей, утворених слабкими основами і сильними кислотами мають кислу реакцію середовища ($\text{pH} < 7$).

Гідроліз за аніоном

Солі, утворені слабкими кислотами і сильними основами, гідролізуються за аніоном:

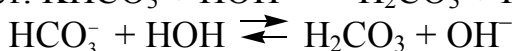
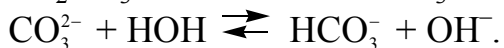


або в іонному вигляді:



Отже, іони CH_3COO^- як іони слабкої кислоти взаємодіють з водою, відтягують від неї Гідроген і утворюють слабкий електроліт (ацетатну кислоту).

Гідроліз солей, до складу яких входять багатовалентні аніони, перебігає ступінчасто:



За другим ступенем гідроліз відбувається значно меншою мірою.

Водні розчини солей, утворених слабкими кислотами і сильними основами, мають лужну реакцію середовища ($\text{pH} > 7$).

Гідроліз за катіоном і аніоном

Солі, утворені слабкими основами і слабкими кислотами, гідролізуються і за катіоном, і за аніоном з утворенням двох слабких електролітів, наприклад:



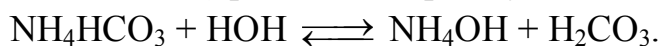
Реакція розчинів таких солей залежить від відносної сили кислоти і основи, які утворилися (від їх констант дисоціації):

якщо $K_d(\text{основи}) > K_d(\text{кислоти})$, то $\text{pH} > 7$ (середовище слабко-лужне);

якщо $K_d(\text{основи}) < K_d(\text{кислоти})$, то $\text{pH} < 7$ (середовище слабко-кисле).

Розчин ацетату амонію має нейтральну реакцію середовища, оскільки $K_d(\text{CH}_3\text{COOH}) \approx K_d(\text{NH}_4\text{OH})$

Розглянемо ще один приклад. Для розчину гідрокарбонату амонію (харчова добавка Е503) рівняння гідролізу має вигляд



Оскільки $K_d(\text{NH}_4\text{OH}) = 1,76 \cdot 10^{-5} > K_d(\text{H}_2\text{CO}_3) = 4,5 \cdot 10^{-7}$, то водний розчин солі NH_4HCO_3 у результаті гідролізу буде мати слабко лужну реакцію водного середовища.

Кількісно гідроліз оцінюють за ступенем і константою гідролізу.

Ступінь гідролізу показує частку гідролізованих молекул і визначається відношенням числа молів солі, що піддалися гідролізу, до загального числа молів солі. Ступінь гідролізу залежить від природи солі, її концентрації і температури розчину. Із розбавленням і підвищенням температури розчину ступінь гідролізу солі зростає. Повніше характеризує гідроліз константа гідролізу (K_r), яка є константою рівноваги відносно реакції гідролізу.

Наприклад, для CH_3COONa , гідроліз якого відбувається за рівнянням:



згідно із законом дії мас, можна записати константу гідролізу K_r у такому вигляді:

$$K_r = \frac{[\text{OH}^-][\text{CH}_3\text{COOH}]}{[\text{CH}_3\text{COO}^-]}; \quad K_r = \frac{K_{\text{H}_2\text{O}}}{K_d(\text{CH}_3\text{COOH})}.$$

$$\text{Для солі } \text{NH}_4\text{Cl} \quad K_r = \frac{K_{\text{H}_2\text{O}}}{K_d(\text{NH}_4\text{OH})}.$$

$$\text{Для солі } \text{CH}_3\text{COONH}_4 \quad K_r = \frac{K_{\text{H}_2\text{O}}}{K_d(\text{CH}_3\text{COOH}) \cdot K_d(\text{NH}_4\text{OH})}.$$

За принципом Ле Шательє в разі додавання кислоти рівновага реакції гідролізу зміститься у напрямку вихідних речовин, а в разі додавання води (розбавлення розчину) – у напрямку продуктів реакції.

Виконати завдання № 6.2

Для наведених нижче солей:

а) скласти рівняння гідролізу;

б) вказати значення pH (більше, менше або дорівнює 7) у розчині солі.

Номер варіанта	Речовина	Номер варіанта	Речовина	Номер варіанта	Речовина
1	NaNO_2	9	Na_2S	17	K_2CO_3
2	NH_4F	10	$\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$	18	CH_3COONa

Продовження таблиці

Номер варіанта	Речовина	Номер варіанта	Речовина	Номер варіанта	Речовина
3	NaBO ₂	11	KF	19	C ₆ H ₆ COOK
4	Na ₃ BO ₃	12	K ₃ PO ₄	20	NH ₄ NO ₃
5	Na ₂ CO ₃	13	LiF	21	C ₆ H ₄ OHCOOK
6	(NH ₄) ₂ CO ₃	14	C ₂ H ₅ COONa	22	NH ₄ Cl
7	K ₂ S	15	NaF	23	K ₂ C ₂ O ₄
8	Na ₃ PO ₄	16	NH ₄ I	24	KNO ₂
				25	KCN

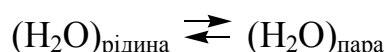
6.3 Колігативні властивості розбавлених водних розчинів неелектролітів і електролітів

Колігативні властивості розбавлених водних розчинів неелектролітів

Деякі фізичні властивості розбавлених розчинів залежать від числа розчинених частинок в розчині, а не від їх хімічного складу. Оскільки такі властивості обумовлені колективним впливом розчинених частинок, їх прийнято називати колігативними – від латинського colligatus, що означає збирати. **Колігативні властивості розчинів** залежать лише від концентрації розчиненої речовини і природи розчинника, але не залежать від природи розчиненої речовини.

До колігативних властивостей відносяться: зниження тиску насиченої пари розчинника над розчином, зниження температури замерзання й підвищення температури кипіння розчинів, а також осмотичний тиск.

Зниження тиску насиченої пари розчинника над розчином. Внаслідок випаровування над рідиною утворюється пара. Одночасно з ендотермічним процесом випаровування відбувається зворотний екзотермічний процес конденсації. За певних умов між цими процесами встановлюється рівновага:



Рівноважний стан системи рідина – пара за певної температури характеризується *тиском насиченої пари*. Під час розчинення в рідині будь-якої *нелеткої* речовини тиск насиченої пари над цією рідиною знижується. Отже, *тиск пари розчинника над розчином (P) менший, ніж над чистим розчинником (P₀)*. Різницю між цими величинами $\Delta P = P_{0\text{н.п.}} - P_{\text{н.п.}}$ називають *зниженням тиску пари над розчином*. Відношення $\frac{P_{0\text{н.п.}} - P_{\text{н.п.}}}{P_{0\text{н.п.}}} = \frac{\Delta P}{P_{0\text{н.п.}}}$ називають *відносним зниженням тиску пари над розчином*.

Залежність зниження тиску пари розчинника над розчинами нелетких речовин від їхніх концентрацій виражається **першим законом Рауля: відносне**

зниження тиску насиченої пари розчинника над розчином дорівнює мольній частці розчиненої речовини, тобто

$$\frac{P_{0 \text{ н.п.}} - P_{\text{н.п.}}}{P_{0 \text{ н.п.}}} = \chi(X) \text{ або } \frac{\Delta P}{P_{0 \text{ н.п.}}} = \chi(X),$$

де P_0 – тиск насиченої пари над чистим розчинником, Па;

P – тиск насиченої пари розчинника над розчином, Па;

$\chi(X)$ – молярна або мольна частка розчиненої речовини X , що розраховується за формулою

$$\chi(X) = \frac{n(X)}{n(Y) + n(X)} = \frac{m(X)/M(X)}{m(Y)/M(Y) + m(X)/M(X)}.$$

де $n(X)$ – кількість молів розчиненої речовини X ;

$n(Y)$ – кількість молів розчинника Y .

Зниження температури замерзання і підвищення температури кипіння розчинів. Зменшення тиску насиченої пари над розчином приводить до зниження температури його замерзання (кристалізації), а отже температура замерзання розчину $t_{\text{зам}}$ завжди нижча, ніж температура замерзання чистого розчинника $t_{\text{зам}}^0$. Різниця між температурами замерзання розчинника $t_{\text{зам}}^0$ і розчину $t_{\text{зам}}$ називається *зниженням температури замерзання розчину* і позначається як: $\Delta t_{\text{зам}}$.

$$\Delta t_{\text{зам.}} = t_{\text{зам.}}^0 - t_{\text{зам}}$$

Рідина кипить при тій температурі, при якій тиск насиченої пари її дорівнює зовнішньому тиску. Отже з цього випливає, що температура кипіння розчину $t_{\text{кип.}}$ завжди вище, ніж температура кипіння розчинника $t_{\text{кип.}}^0$. Різниця між температурами кипіння розчину $t_{\text{кип.}}$ і розчинника $t_{\text{кип.}}^0$ називається *підвищенням температури кипіння розчину* і позначається як $\Delta t_{\text{кип.}}$:

$$\Delta t_{\text{кип.}} = t_{\text{кип.}}^0 - t_{\text{кип.}}$$

Залежність $\Delta t_{\text{зам}}$ і $\Delta t_{\text{кип}}$ від концентрації неелектроліту в розчині виражається **другим законом Рауля**: *зниження температури замерзання $\Delta t_{\text{зам}}$ (підвищення температури кипіння $\Delta t_{\text{кип}}$) розчинів пропорційні моляльності розчиненої речовини $b(X/Y)$.*

Математичний вираз 2 закону Рауля має вигляд:

$$\Delta t_{\text{зам.}} = K \cdot b(X/Y) = K \cdot \frac{m(X) \cdot 1000}{M(X) \cdot m(Y)}$$

$$\Delta t_{\text{кип.}} = E \cdot b(X/Y) = E \cdot \frac{m(X) \cdot 1000}{M(X) \cdot m(Y)}$$

де K – кріоскопічна стала (для води $K = 1,86$), град·кг/моль;

E – ебуліоскопічна стала (для води $E = 0,52$), град·кг/моль;

$b(X/Y)$ – моляльність розчиненої речовини в розчині, моль/кг;

$m(X)$ – маса розчиненої речовини, г;

$m(Y)$ – маса розчинника, г.

Осмос. Осмотичний тиск. Процес односторонньої дифузії молекул крізь напівпроникну перегородку або дифузія розчинника із розчину з меншою концентрацією в розчин з більшою концентрацією називається **осмосом**. Тиск, який треба прикласти в процесі осмосу до розчину в осмотичній комірці, щоб досягти рівноваги називається **осмотичним тиском**. Осмотичний тиск чисельно дорівнює додатковому тиску, який необхідний для припинення осмосу.

Осмотичний тиск розчину визначають за законом **Вант-Гоффа**: *в сильно розведених розчинах неелектролітів осмотичний тиск прямо пропорційний молярній концентрації неелектроліту в розчині*:

$$P_{\text{осм}} = c(X) \cdot R \cdot T \cdot 1000, \text{ Па},$$

де $c(X)$ – молярна концентрація речовини X , моль/л;

$R = 8,314 \text{ Дж/(моль} \cdot \text{К)}$ – газова стала;

T – температура.

Колігативні властивості розбавлених водних розчинів електролітів

Експериментально отримані значення $P_{\text{осм}}$, $\Delta t_{\text{кип}}$, $\Delta t_{\text{зам}}$, $\frac{\Delta P}{P_{0 \text{ н.п.}}}$ для розчинів

електролітів завжди мають більші значення, ніж теоретично розраховані за формулами Вант-Гоффа та Рауля в i разів. Причиною цього відхилення є зростання загальної кількості частинок у розчині внаслідок електролітичної дисоціації молекул електролітів. Коефіцієнт i називають *ізотонічним коефіцієнтом Вант-Гоффа*.

Таким чином, для розведених розчинів електролітів необхідно користуватися формулами

$$\frac{\Delta P}{P_{0 \text{ н.п.}}} = \frac{in(X)}{n(Y) + in(X)} = \frac{im(X)/M(X)}{m(Y)/M(Y) + im(X)/M(X)},$$

$$\Delta t_{\text{кип.}} = iK \cdot b(X/Y) \quad \Delta t_{\text{зам.}} = iK \cdot b(X/Y) \quad P_{\text{осм}} = ic(X) \cdot R \cdot T \cdot 1000,$$

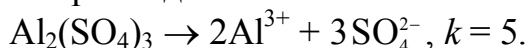
де i – **ізотонічний коефіцієнт**, який визначають за формулою

$$i = 1 + \alpha(k - 1),$$

де k – кількість іонів, яка утворюється при дисоціації однієї молекули електроліту;

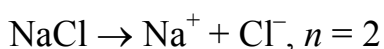
α – ступінь дисоціації електроліту.

Наприклад:



Приклад 1. За якої температури буде кристалізуватися 5%-вий розчин хлориду натрію? ($\alpha = 1$).

$$\text{Розв'язання. } \Delta t_{\text{кр.}} = t_0 - t = i \cdot K \cdot b(X) = i \cdot K \cdot \frac{m(X) \cdot 1000}{M(X) \cdot m(Y)};$$



$$i = 1 + 1(2 - 1) = 2.$$

Якщо прийняти масу розчину 100г, то $m(\text{NaCl}) = 5\text{г}$, $m(\text{H}_2\text{O}) = 100 - 5 = 95\text{ г}$. $M(\text{NaCl}) = 58\text{г/моль}$.

$$\Delta t_{\text{кр.}} = 2 \cdot 1,86 \frac{5 \cdot 1000}{58 \cdot 95} = 3,375^\circ\text{C}.$$

Вода кристалізується при 0°C , отже, температура кристалізації розчину буде $t = 0 - \Delta t_{\text{кр}} = 0 - 3,375 = -3,375^{\circ}\text{C}$.

Приклад 2. Обчисліть відсоткову концентрацію сечовини $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$ у водному розчині, якщо температура кристалізації цього розчину дорівнює $-0,465^{\circ}\text{C}$.

Розв'язання. Температура кристалізації чистої води 0°C , отже, $\Delta t_{\text{зам}} = 0 - (-0,465) = 0,465^{\circ}\text{C}$. Мольна маса сечовини 60 г/моль.

$$\Delta t_{\text{зам.}} = K \cdot b(X/Y), \quad b(X/Y) = \frac{\Delta t_{\text{зам.}}}{K} = \frac{0,465}{1,86} = 0,25, \text{ тобто в } 1000 \text{ г води міститься}$$

0,25 моль сечовини. У такому разі маса речовини $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$ становить $m(X) = 0,25 \cdot 60 = 15 \text{ г}$. Загальна маса розчину, що містить 15 г сечовини, становить $1000 + 15 = 1015 \text{ г}$. Відсоткову концентрацію сечовини у цьому розчині знаходимо із співвідношення: $\omega(X) = \frac{m(X)}{m_{\text{р-ну}}} \cdot 100\%$.

Виконати завдання № 6.3

1. а) за температури 0°C осмотичний тиск розчину цукрози $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$ дорівнює $3,55 \cdot 10^5 \text{ Па}$. Яку масу цукрози містить 1 л розчину?

б) тиск водяної пари за температури 30°C дорівнює 4245,2 Па. Яку масу цукру $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$ необхідно розчинити у воді масою 800 г, щоб одержати розчин, тиск пари якого на 33,3 Па менше тиску пари чистої води? Розрахуйте масову частку (%) цукру в розчині.

2. а) за якої температури замерзне водний розчин етилового спирту, якщо масова частка $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ дорівнює 25%? Кріоскопічна константа води дорівнює 1,86.

б) тиск пари етеру за температури 30°C дорівнює $8,64 \cdot 10^4 \text{ Па}$. Яку кількість неелектроліту необхідно розчинити в 50 моль етеру, щоб знизити тиск пари за даної температури на 2666 Па?

3. а) розчин, який містить 0,162 г сірки в 20 г бензолу, кипить на $0,081^{\circ}\text{C}$ вище, за чистий бензол. Розрахуйте молекулярну масу сірки у розчині (Ебуліоскопічна константа бензолу 2,57). Яку кількість атомів містить одна молекула сірки?

б) зниження тиску пари над розчином, який містить 0,4 моль аніліну в 3,04 кг сірковуглецю, за певної температури дорівнює 1003,7 Па. Тиск пари сірковуглецю за тієї ж температури дорівнює $1,0133 \cdot 10^5 \text{ Па}$. Розрахуйте молекулярну масу сірковуглецю.

4. а) з'ясуйте, яким по відношенню до плазми крові (ізо-, гіпо- або гіпертонічним) буде розчин хлориду калію $c(\text{KCl}) = 0,01 \text{ моль/л}$; $i = 1,96$ за температури 37°C .

б) за певної температури тиск пари над розчином, який містить 62 г фенолу $\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$ в 60 моль етеру, дорівнює $0,507 \cdot 10^5 \text{ Па}$. Розрахуйте тиск пари етеру за цієї ж температури.

5. а) до 100 мл 0,5М водного розчину цукрози $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$ добавлено 300 мл води. Чому дорівнює осмотичний тиск одержаного розчину за температури 25°C ?

б) тиск водяної пари за температури 50°C дорівнює 12334 Па . Розрахуйте тиск пари над розчином, який містить 50 г етиленгліколю (етандіолу) $\text{C}_2\text{H}_4(\text{OH})_2$ в 900 г води.

6. а) розчин $1,05\text{ г}$ неелектроліту в 30 г води замерзає за температури $-0,7^{\circ}\text{C}$. Розрахуйте молекулярну масу неелектроліту. Кріоскопічна константа води дорівнює $1,86$.

б) розрахуйте тиск пари розчинника над розчином, який містить $1,212 \cdot 10^{23}$ молекул неелектроліту в 100 г води за температури 100°C . Тиск водяної пари за температури 100°C дорівнює $1,01330 \cdot 10^5\text{ Па}$.

7. а) за якої температури замерзне 40% -вий розчин етилового спирту $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$? Кріоскопічна константа води дорівнює $1,86$.

б) тиск пари водного розчину неелектроліту за температури 80°C дорівнює 33310 Па . Розрахуйте кількість моль води в цьому розчині, якщо він містить 1 моль розчиненої речовини. Тиск водяної пари за цієї температури дорівнює 47375 Па .

8. а) розчин, що містить 8 г NaOH в 1000 г H_2O , кипить за температури $100,184^{\circ}\text{C}$. Розрахуйте ізотонічний коефіцієнт i . Ебуліоскопічна константа води $0,52$.

б) тиск водяної пари за температури 65°C дорівнює 25003 Па . Розрахуйте тиск водяної пари над розчином, який містить $34,2\text{ г}$ цукру $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$ в 90 г води за тієї ж температури.

9. а) розрахуйте осмотичний тиск розчину, що містить $90,08\text{ г}$ глюкози $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ в 4 л розчину за температури 27°C .

б) розрахуйте молекулярну масу глюкози, якщо тиск водяної пари над розчином, який містить 27 г глюкози $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ в 108 г води за температури 100°C , дорівнює $98858,6\text{ Па}$. Тиск водяної пари за температури 100°C дорівнює $1,0133 \cdot 10^5\text{ Па}$.

10. а) розрахуйте молекулярну масу неелектроліту, якщо 5 л розчину містять $2,5\text{ г}$ неелектроліту. Осмотичний тиск цього розчину дорівнює $0,23 \cdot 10^5\text{ Па}$ за температури 20°C .

б) тиск водяної пари за температури 10°C дорівнює $1227,8\text{ Па}$. Розрахуйте масову частку (%) спирту у водному розчині, який містить 16 г метанолу і має тиск пари 1200 Па за температури 10°C .

11. а) розрахуйте температури кипіння і замерзання розчину, що містить 1 г нітробензолу $\text{C}_6\text{H}_5\text{NO}_2$ в 10 г бензолу. Ебуліоскопічна і кріоскопічна константи бензолу відповідно дорівнюють $2,57$ і $5,1$. Температура кипіння чистого бензолу $80,2^{\circ}\text{C}$, температура замерзання $-(-5,4^{\circ}\text{C})$.

б) тиск водяної пари за температури 100°C дорівнює $1,0133 \cdot 10^5\text{ Па}$. Розрахуйте тиск водяної пари над розчином, якщо масова частка сечовини $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ в розчині дорівнює 10% .

12. а) з'ясуйте, яким по відношенню до плазми крові (ізо-, гіпо- або гіпертонічним) буде розчин нітрату кальцію $c(\text{Ca}(\text{NO}_3)_2) = 0,025\text{ моль/л}$ $i = 2,60$ за температури 37°C .

б) тиск пари над розчином, який містить 10,5 г неелектроліту в 200 г ацетону, дорівнює 21854,40 Па. Тиск пари ацетону $(\text{CH}_3)_2\text{CO}$ за цієї ж температури дорівнює 23939,35 Па. Розрахуйте молекулярну масу неелектроліту.

13. а) розчин 100 мл якого містить 2,3 г розчиненої речовини має за температури 298 К осмотичний тиск 618, 5 кПа. Розрахуйте молекулярну масу розчиненої речовини.

б) масова частка неелектроліту у водному розчині дорівнює 63%. Розрахуйте молекулярну масу неелектроліту, якщо за температури 20 °С тиск водяної пари над розчином дорівнює 1399,40 Па. Тиск водяної пари за цієї ж температури дорівнює 2335,42 Па.

14. а) чому дорівнює температура замерзання розчину неелектроліту, який містить $3,01 \cdot 10^{23}$ молекул в одному літрі води? Кріоскопічна константа води дорівнює 1,86, густина води дорівнює 1 г/см³.

б) тиск пари над розчином, який містить 155 г аніліну $\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2$ в 201 г етеру, за певної температури дорівнює 42900 Па. Тиск пари етеру за цієї ж температури дорівнює 86380 Па. Розрахуйте молекулярну масу етеру.

15. а) водний розчин неелектроліту кипить за температури 373,52 К. Розрахуйте молярність розчиненої речовини в розчині. Ебуліоскопічна константа води дорівнює 0,52.

б) тиск водяної пари над розчином, що містить 66,6 г CaCl_2 в 90 г води, за температури 90 °С дорівнює 56690 Па. Розрахуйте ізотонічний коефіцієнт, якщо тиск водяної пари за цієї ж температури дорівнює 70101 Па?

16. а) температура кипіння розчину хлориду калію з концентрацією 1 моль/кг дорівнює 100,94 °С. Розрахуйте ізотонічний коефіцієнт хлориду калію в розчині. Ебуліоскопічна константа води дорівнює 0,52.

б) ізотонічний коефіцієнт розчину, що містить 178,5 г KBr в 900 г води, дорівнює 1,7. Розрахуйте тиск водяної пари над цим розчином за температури 50 °С, якщо тиск водяної пари над чистою водою за цієї ж температури дорівнює 12334 Па.

17. а) розрахуйте осмотичний тиск розчину, що містить 16 г цукрози $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$ в 350 г води за температури 293 К. Густина розчину дорівнює 1 г/мл.

б) розрахуйте тиск пари над водним розчином гідроксиду калію ($\omega=0,5\%$) за температури 50 °С. Тиск пари води за цієї ж температури дорівнює 12334 Па, ізотонічний коефіцієнт гідроксиду калію в цьому розчині дорівнює 1,87.

18. а) розчин, що містить 0,522 г камфори і 17 г етеру, кипить на 0,461 °С вище, ніж чистий етер. Ебуліоскопічна константа етеру дорівнює 2,16. Розрахуйте молекулярну масу камфори.

б) тиск пари розчину, що містить 31,5 г нітрату кальцію в 500 г розчину, дорівнює 1903,5 Па за температури 17 °С. Тиск пари води за цієї ж температури дорівнює 1937 Па. Розрахуйте ізотонічний коефіцієнт нітрату кальцію в цьому розчині.

19. а) осмотичний тиск розчину, що містить в 1 л 72 г маніту, дорівнює $9,00 \cdot 10^5$ Па за температури 0 °С. Розрахуйте молярну масу маніту.

б) розрахуйте відносне зниження тиску водяної пари над розчином, що містить 0,1 моль сульфату натрію в 900 г води за температури 70°C . Ступінь дисоціації солі прийняти за одиницю.

20. а) розрахуйте температуру замерзання водного розчину хлоридної кислоти з масовою часткою розчиненої речовини 6,8%. Ізотонічний коефіцієнт дорівнює 1,66, кріоскопічна константа води дорівнює 1,86.

б) 250 мл розчину містить хлорид калію масою 1,86 г. При 10°C осмотичний тиск такого розчину дорівнює 437 кПа. Розрахуйте ізотонічний коефіцієнт KCl в розчині.

21. а) осмолярність апельсинового соку дорівнює 0,6 моль/л. Розрахуйте осмотичний тиск соку за температури 5°C .

б) в 50 г води розчинили 6 г неелектроліту. Розрахуйте молекулярну масу неелектроліту, якщо розчин замерзає за температури $-3,72^{\circ}\text{C}$. Кріоскопічна константа води дорівнює 1,86.

22. а) зниження температури замерзання розчину, що містить 0,052 г камфори в 26 г бензолу, дорівнює 0,067. Розрахуйте молекулярну масу камфори, якщо кріоскопічна константи бензолу дорівнює 5,1.

б) розчин, який містить 9,2 г йоду і 100 г метилового спирту (CH_3OH), закипає за температури $65,0^{\circ}\text{C}$. Скільки атомів має у своєму складі молекула йоду в розчиненому стані? Температура кипіння спирту $64,7^{\circ}\text{C}$, ебуліоскопічна константа спирту дорівнює 0,84.

23. а) температура кипіння водного розчину цукрози дорівнює $101,4^{\circ}\text{C}$. Розрахуйте процентну концентрацію цукрози в розчині. За якої температури замерзне цей розчин? Ебуліоскопічна і кріоскопічна константи води відповідно дорівнюють 0,52 і 1,86.

б) осмотичний тиск 0,1н ZnSO_4 за температури 0°C дорівнює $1,59 \cdot 10^5$ Па. Розрахуйте ізотонічний коефіцієнт розчину.

24. а) молекулярна маса неелектроліту дорівнює 123,11 г/моль. Яку масу неелектроліту повинен вміщувати 1 л розчину, щоб за температури 20°C його осмотичний тиск дорівнював би $4,56 \cdot 10^5$ Па?

б) в 60 г бензолу розчинено 2,09 певної речовини. Розчин замерзає за температури $4,25^{\circ}\text{C}$. Розрахуйте молекулярну масу розчиненої речовини. Чистий бензол кристалізується за температури $5,5^{\circ}\text{C}$. Кріоскопічна стала бензолу дорівнює 5,12.

25. а) ізотонічний коефіцієнт 0,2М розчину NaOH дорівнює 1,8. Розрахуйте осмотичний тиск цього розчину за температури 0°C і 37°C .

б) у процесі розчинення 13,0 г неелектроліту в 400 г діетилового етеру ($\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{O}$ температура кипіння підвищилася на 0,453 К. Розрахуйте молекулярну масу розчиненої речовини. Ебуліоскопічна константа діетилового етеру дорівнює 2,16.

Завдання 7

Окисно-відновні реакції

Окисно-відновні реакції – це реакції, що супроводжуються зміною ступенів окиснення атомів, що входять до складу реагуючих речовин.

Окиснення – це процес віддавання електронів атомом, молекулою або іоном. Атоми, молекули або іони, що віддають електрони, називаються **відновниками**, самі ж вони окиснюються.

Відновлення – це процес приєднання електронів атомом, молекулою або іоном. Атоми, молекули або іони, що приєднують електрони, називаються **окисниками**, самі ж вони відновлюються.

Приклад 1. Визначте ступінь окиснення хлору в наступних сполуках:

Cl_2O , HCl , NaClO , KClO_4 , HClO_3 .

Розв’язання. Позначимо ступінь окиснення хлору через x . Пам’ятаючи, що ступінь окиснення водню й лужних металів дорівнює $+1$, кисню -2 , а сумарний ступінь окиснення будь-якої сполуки є нульовим, одержимо:

$$\text{Cl}_2\text{O} \quad 2x + (-2) = 0 \quad x = +1;$$

$$\text{HCl} \quad (+1) + x = 0 \quad x = -1;$$

$$\text{NaClO} \quad (+1) + x + (-2) = 0 \quad x = +1;$$

$$\text{KClO}_4 \quad (+1) + x + 4(-2) = 0 \quad x = +7;$$

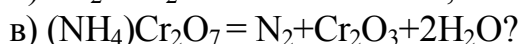
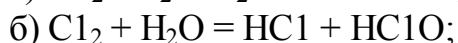
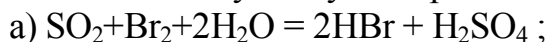
$$\text{HClO}_3 \quad (+1) + x + 3(-2) = 0 \quad x = +5.$$

Ступінь окиснення атома позначається арабською цифрою із знаком

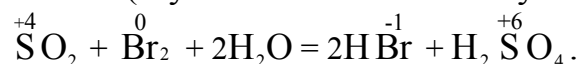
«+» або «-» і ставиться над символом хімічного елемента. Наприклад, Cl_2O^{+1} ;

NaClO^{+1} ; KClO_4^{+7} .

Приклад 2. Які речовини і за рахунок яких елементів виконують роль окисників і відновників у наступних реакціях:



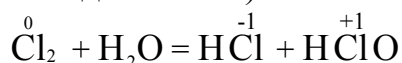
Розв’язання. Реакція а) належить до реакцій міжмолекулярного окиснення-відновлення. У речовинах реакції знаходимо елементи, що змінюють ступінь окиснення (ступінь окиснення записується над елементом)



Тоді



Реакція б) належить до реакцій диспропорціювання (самоокиснення-самовідновлення)

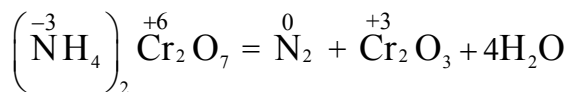


Запишемо дві напівреакції:

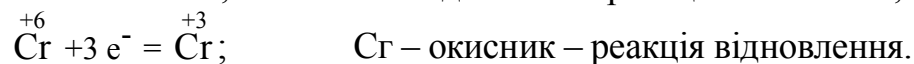


З реакцій видно, що Cr_2O_7 одночасно є і відновником і окисником.

Реакція в) належить до реакцій внутрішньо молекулярного окиснення-відновлення



Запишемо дві напівреакції:



Правила складання рівнянь електронного балансу

При складанні рівнянь електронного балансу виходять з того, що:

а) сума електронів, які беруть участь в реакції відновлення, дорівнює сумі електронів, які беруть участь в реакції окиснення;

б) алгебраїчна сума ступенів окиснення окремих атомів, відповідних молекул, дорівнює нулю;

в) визначають речовини, в яких атоми змінюють свій ступінь окиснення;

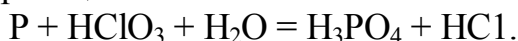
г) занотовують рівняння електронного балансу, в яких розраховується кількість електронів, які віддає відновник і приймає окисник;

д) зрівнюють кількості приєднаних і відданих електронів введенням множників, виходячи з найменшого загального кратного для коефіцієнтів у процесах окиснення й відновлення;

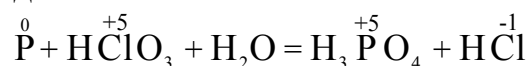
е) знайдені коефіцієнти підставляють у рівняння реакції перед відповідними формулами речовин у лівій і правій частинах.

ж) підбирають коефіцієнти для решти учасників реакції.

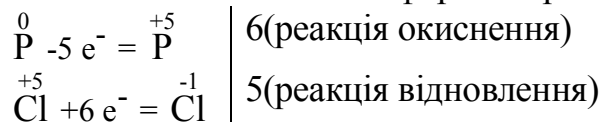
Приклад 3. Методом електронного балансу розставте коефіцієнти в рівнянні окисно-відновної реакції:



Розв'язання. На початку складання рівняння реакції визначимо елементи, що змінили ступінь окиснення, і складімо електронний баланс процесів окиснення й відновлення :

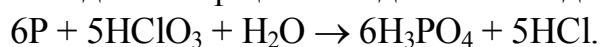


Ступінь окиснення змінюють Фосфор і Хлор. Складімо електронні рівняння:



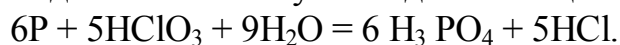
$\overset{0}{\text{P}}$ – відновник; $\overset{+5}{\text{Cl}}$ – окисник. Найменше загальне кратне дорівнює 30.

Знайдені коефіцієнти підставляємо до рівняння реакції:



Порівняння лівої і правої частин рівняння показує, що для повного матеріального балансу в лівій частині перед H_2O треба виставити коефіцієнт 9.

Тоді в остаточному вигляді має місце наступне рівняння:



Виконати завдання № 7

Методом електронного балансу розставити коефіцієнти у наведених окисно-відновних реакціях, вказавши відновник і окисник:

Номер варіанта	Схема окисно-відновної реакції
1	1) $\text{KMnO}_4 + \text{HCl} \rightarrow \text{Cl}_2 + \text{KCl} + \text{MnCl}_2 + \text{H}_2\text{O}$ 2) $\text{Zn} + \text{HNO}_3 \rightarrow \text{Zn}(\text{NO}_3)_2 + \text{NH}_4\text{NO}_3 + \text{H}_2\text{O}$
2	1) $\text{MnO}_2 + \text{NaNO}_3 + \text{NaOH} \rightarrow \text{Na}_2\text{MnO}_4 + \text{NaNO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ 2) $\text{H}_2\text{SO}_3 + \text{Br}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_4 + \text{HBr}$
3	1) $\text{KMnO}_4 + \text{H}_2\text{O}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{MnSO}_4 + \text{O}_2 + \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}$ 2) $\text{FeCl}_2 + \text{KClO}_3 + \text{HCl} \rightarrow \text{FeCl}_3 + \text{KCl} + \text{H}_2\text{O}$
4	1) $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \text{KI} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{I}_2 + \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}$ 2) $\text{HBr} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{SO}_2 + \text{Br}_2 + \text{H}_2\text{O}$
5	1) $\text{KI} + \text{H}_2\text{O}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{I}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{K}_2\text{SO}_4$ 2) $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \text{H}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{S} \rightarrow \text{S} + \text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}$
6	1) $\text{P} + \text{HIO}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_3\text{PO}_4 + \text{HI}$ 2) $\text{H}_2\text{S} + \text{KMnO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{MnSO}_4 + \text{S} + \text{H}_2\text{O}$
7	1) $\text{PbO}_2 + \text{MnSO}_4 + \text{HNO}_3 \rightarrow \text{PbSO}_4 + \text{Pb}(\text{NO}_3)_2 + \text{HMnO}_4 + \text{H}_2\text{O}$ 2) $\text{NaCrO}_2 + \text{H}_2\text{O}_2 + \text{NaOH} \rightarrow \text{Na}_2\text{CrO}_4 + \text{H}_2\text{O}$
8	1) $\text{MnO}_2 + \text{K}_2\text{CO}_3 + \text{KNO}_3 \rightarrow \text{K}_2\text{MnO}_4 + \text{KNO}_2 + \text{CO}_2$ 2) $\text{Sn} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{Sn}(\text{SO}_4)_2 + \text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O}$
9	1) $\text{Na}_2\text{SO}_3 + \text{Br}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{HBr}$ 2) $\text{MnO}_2 + \text{HCl} \rightarrow \text{MnCl}_2 + \text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{O}$
10	1) $\text{Cl}_2 + \text{KOH} \rightarrow \text{KCl} + \text{KClO}_3 + \text{H}_2\text{O}$ 2) $\text{Pt} + \text{HNO}_3 + \text{HCl} \rightarrow \text{PtCl}_4 + \text{NO} + \text{H}_2\text{O}$
11	1) $\text{FeSO}_4 + \text{HNO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{NO} + \text{H}_2\text{O}$ 2) $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \text{H}_2\text{S} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{S} + \text{H}_2\text{O}$
12	1) $(\text{NH}_4)_2\text{Cr}_2\text{O}_7 \rightarrow \text{N}_2 + \text{Cr}_2\text{O}_3 + \text{H}_2\text{O}$ 2) $\text{Zn} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{ZnSO}_4 + \text{H}_2\text{S} + \text{H}_2\text{O}$
13	1) $\text{Na}_2\text{SO}_3 + \text{KMnO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{MnSO}_4 + \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}$ 2) $\text{PbS} + \text{HNO}_3 \rightarrow \text{PbSO}_4 + \text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O}$
14	1) $\text{Mg} + \text{HNO}_3 \rightarrow \text{Mg}(\text{NO}_3)_2 + \text{N}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O}$ 2) $\text{FeSO}_4 + \text{KMnO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{MnSO}_4 + \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}$
15	1) $\text{NaCrO}_2 + \text{Br}_2 + \text{NaOH} \rightarrow \text{Na}_2\text{CrO}_4 + \text{NaBr} + \text{H}_2\text{O}$ 2) $\text{K}_2\text{MnO}_4 + \text{Cl}_2 \rightarrow \text{KMnO}_4 + \text{KCl}$
16	1) $\text{Zn} + \text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{ZnSO}_4 + \text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}$ 2) $\text{SO}_2 + \text{HBrO}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_4 + \text{Br}_2$

Продовження таблиці

Номер варіанта	Схема окисно-відновної реакції
17	1) $\text{Na}_2\text{SO}_3 + \text{KMnO}_4 + \text{KOH} \rightarrow \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{K}_2\text{MnO}_4 + \text{H}_2\text{O}$ 2) $\text{NO} + \text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{HNO}_3 + \text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}$
18	1) $\text{HNO}_2 + \text{PbO}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{HNO}_3 + \text{PbSO}_4 + \text{H}_2\text{O}$ 2) $\text{NaCrO}_2 + \text{Br}_2 + \text{NaOH} \rightarrow \text{Na}_2\text{CrO}_4 + \text{NaBr} + \text{H}_2\text{O}$
19	1) $\text{KI} + \text{CuCl}_2 \rightarrow \text{I}_2 + \text{CuI} + \text{KCl}$ 2) $\text{MnSO}_4 + \text{PbO}_2 + \text{HNO}_3 \rightarrow \text{HMnO}_4 + \text{Pb}(\text{NO}_3)_2 + \text{PbSO}_4 + \text{H}_2\text{O}$
20	1) $\text{H}_2\text{S} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{S} + \text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ 2) $\text{HCl} + \text{HClO}_3 \rightarrow \text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{O}$
21	1) $\text{Mg} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{H}_2\text{S} + \text{MgSO}_4 + \text{H}_2\text{O}$ 2) $\text{HCl} + \text{KClO}_3 \rightarrow \text{Cl}_2 + \text{KCl} + \text{H}_2\text{O}$
22	1) $\text{KI} + \text{KNO}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{I}_2 + \text{NO} + \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}$ 2) $\text{SO}_2 + \text{I}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_4 + \text{HI}$
23	1) $\text{KNO}_2 + \text{HClO}_3 \rightarrow \text{KNO}_3 + \text{HCl}$ 2) $\text{KMnO}_4 + \text{HCl} \rightarrow \text{Cl}_2 + \text{KCl} + \text{MnCl}_2 + \text{H}_2\text{O}$
24	1) $\text{Al} + \text{NaOH} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{NaAlO}_2 + \text{H}_2$ 2) $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \text{FeSO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{H}_2\text{O}$
25	1) $\text{Cu} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{CuSO}_4 + \text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ 2) $\text{KMnO}_4 + \text{FeSO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{MnSO}_4 + \text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{H}_2\text{O}$

Завдання 8

Електродні потенціали. Гальванічні елементи

Основні принципи, які лежать в основі дії гальванічних елементів, тісно пов'язані з особливістю кристалічної структури металів. Якщо занурити активний метал, наприклад, цинк у водний розчин його солі (ZnSO_4), то іони цинку почнуть переходити в розчин під впливом електростатичних сил, які діють з боку полярних молекул води. У зв'язку з цим метал, у якому залишається надлишок електронів, заряджається негативно, а розчин довкола металу - позитивно. Кількість іонів цинку, які переходять в розчин, дуже мала. Негативний заряд, який виникає на металі, починає притягувати назад іони цинку. Так, через деякий час настає рівновага: кількість іонів, які залишають гратку металу, дорівнює кількості іонів, які повертаються на метал.

Цій рівновазі відповідає відповідний рівноважний електродний потенціал.

Іони, які перейшли в розчин не можуть розподілятися рівномірно в об'ємі розчину, а в наслідок електростатичного тяжіння до негативного зарядженого металу розташовуються близько до поверхні і утворюють подвійний електричний шар (рис. 2).

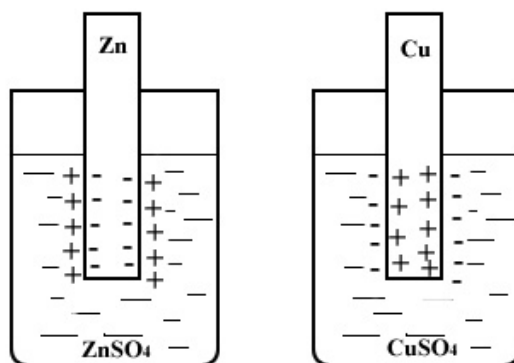


Рисунок 2 – Утворення подвійного електричного шару

Для малоактивних металів рівноважна концентрація іонів набагато менша. Якщо занурити малоактивний метал (наприклад мідь) у розчин його солі (CuSO_4) з концентрацією більшою, чим рівноважна концентрація іонів міді, то частина катіонів перейде із розчину на електрод. Поверхня електрода заряджається позитивно, а розчин – негативно за рахунок залишкової кількості аніонів (рис.3).

Для того щоб порушити рівноважний стан подвійних електричних шарів, треба щоб у процесі переходу іонів активного металу у розчин його електрони перетікали на неактивний метал. Такі умови можна забезпечити в гальванічному елементі (рис. 3).

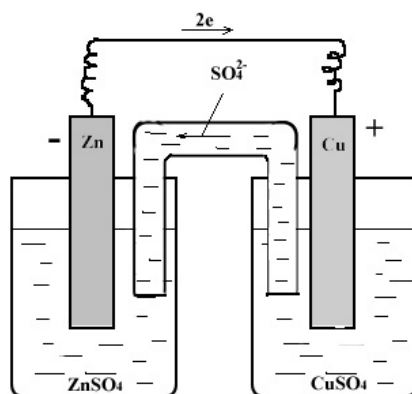
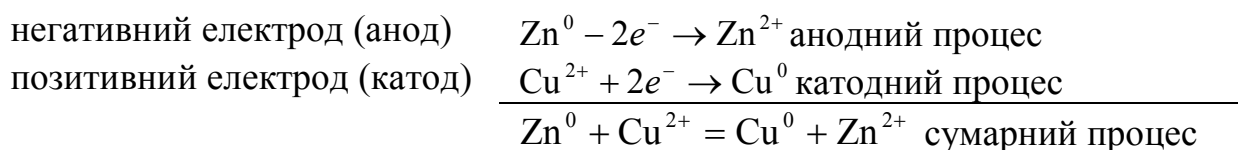


Рисунок 3 – Мідно-цинковий гальванічний елемент

Якщо з'єднати дві пластини (цинкову та мідну) провідником, то накопичені на цинку електрони будуть перетікати до мідної пластини. Таким чином цинк знову отримає можливість посылати все нові та нові кількості іонів цинку в розчин. На мідній пластині іони міді будуть розряджатися і виділятися у вигляді металічної міді. Цей процес відбуватиметься доти, доки не розчиниться весь цинк, або не буде використана уся мідна сіль (CuSO_4). Процеси, які протікають у мідно-цинковому гальванічному елементі можна відобразити такими рівняннями:



Таким чином, за рахунок протікання цієї окисно-відновної хімічної реакції у мідно-цинковому гальванічному елементі утворюється безперервний потік електронів (електричний стум).

Гальванічним (електрохімічним) елементом називається прилад для отримання електричного струму за рахунок електрохімічних реакцій.

Електрохімічний ланцюг є рівноважним за умови, що електрохімічна рівновага спостерігається на кожній фазовій межі, а різниця потенціалів ланцюга скомпенсована різницею потенціалів від зовнішнього джерела струму.

ЕРС – електрорушійна сила E (В) гальванічного елемента дорівнює різниці електродних потенціалів його півелементів:

$$E = \varphi_K - \varphi_A,$$

де φ_K – потенціал катодного електроду (правий півелемент)

φ_A – потенціал анодного електроду (лівий півелемент).

Електродний потенціал півелемента, у якому відбувається окисний процес, наприклад $\text{Me}^{n+} + ne^- \rightarrow \text{Me}$ розраховується за рівнянням Нернста

$$\varphi_{\text{Me}^{n+}|\text{Me}} = \varphi_{\text{Me}^{n+}|\text{Me}}^0 + \frac{RT}{nF} \ln c(\text{Me}^{n+}),$$

де $\varphi_{\text{Me}^{n+}|\text{Me}}$ – електродний потенціал метала;

$\varphi_{\text{Me}^{n+}|\text{Me}}^0$ – стандартний електродний потенціал;

R – газова стала;

T – температура в К;

F – число Фарадея;

n – кількість електронів, які беруть участь в елементарному електрохімічному процесі.

Якщо взяти $\theta = 2,303 \frac{RT}{F}$, то за активності металу (молярній концентрації), що дорівнює одиниці отримаємо спрощене рівняння:

$$\varphi_{\text{Me}^{n+}|\text{Me}} = \varphi_{\text{Me}^{n+}|\text{Me}}^0 + \frac{\theta}{n} \lg c(\text{Me}^{n+})$$

Або при 25°C:

$$\varphi_{\text{Me}^{n+}|\text{Me}} = \varphi_{\text{Me}^{n+}|\text{Me}}^0 + \frac{0,059}{n} \lg c(\text{Me}^{n+})$$

Півелемент або електрод – це електрохімічна система, містить якнайменш дві фази, одна з яких є провідником першого роду (металом), друга – провідником другого роду (розчином електроліту). У нашому випадку це є металева пластинка, занурена у розчин солі цього металу.

ЕРС гальванічного елемента завжди позитивна, тому що відповідає процесу, який відбувається самодовільно з позитивною роботою ($\Delta G < 0$). ЕРС ланцюга вважається позитивною, якщо катіони під час роботи ланцюга переходять у розчин від електроду, що записаний ліворуч (анода), у напрямку до електроду, що записаний праворуч (катода). У тому ж напрямку рухаються й електрони в зовнішньому ланцюгу. Таким чином, при записі елемента, лівий електрод завжди має потенціал менший за правий, а для електрохімічного ланцюга: ліворуч розташовується електрод, що має негативний потенціал; розчини обох

електродів відокремлюються від металу однією вертикальною лінією. Контакт двох розчинів показують двома суцільними лініями, якщо між розчинами знаходиться сольовий місток. У такому разі потенціал, що виникає на межі поділу двох розчинів (дифузійний потенціал), зведений до мінімального значення, і він залишається сталим під час вимірювань. Отже, мідно-цинковий гальванічний елемент можна записати так:



За умовно-нульовий потенціал обраний потенціал стандартного водневого електрода (рис. 4):

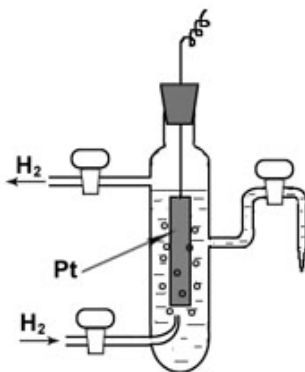


Рисунок 4 – Стандартний водневий електрод

$\text{H}^+ | \text{H}_2 (p_{\text{H}_2} = 1,013 \cdot 10^5 \text{ Па}) | \text{Pt}$ у якому активність (молярна концентрація)

іонів водню в розчині дорівнює одиниці. Електродна реакція $2\text{H}^+ + 2e^- \rightarrow \text{H}_2$.

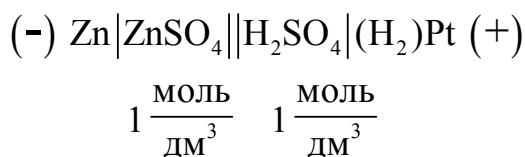
Електродним потенціалом металу називається величина, яка дорівнює ЕРС гальванічного елемента, складеного з певного електрода і стандартного водневого електрода, що знаходиться в розчині з одиничною активністю (молярною концентрацією) іонів водню з тиском водню $1,013 \cdot 10^5 \text{ Па}$.

Стандартний електродний потенціал металу відповідає потенціалу певного металу (електрода) у розчині з активністю (молярною концентрацією) іонів певного металу, яка дорівнює одиниці. Наприклад, для знаходження електродного потенціалу цинкового електроду треба скласти гальванічний елемент (рис. 5).

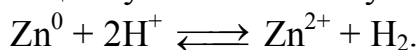


Рисунок 5 – Стандартний воднево-цинковий гальванічний елемент

Електрохімічну схему цього гальванічного елементу можна записати наступним чином:



В цьому гальванічному елементі перебігає реакція



Так, для гальванічного елемента з метою знаходження стандартного електродного потенціалу цинку запишемо:

$$E = \varphi_{2\text{H}^+|\text{H}_2}^0 - \varphi_{\text{Zn}^{2+}|\text{Zn}},$$

$$\text{де } \varphi_{2\text{H}^+|\text{H}_2}^0 = 0,$$

$$\text{а } \varphi_{\text{Zn}^{2+}|\text{Zn}} = \varphi_{\text{Zn}^{2+}|\text{Zn}}^0 + \frac{0,059}{2} \lg c(\text{Zn}^{2+}),$$

якщо

$$c(\text{Zn}^{2+}) = 1 \frac{\text{моль}}{\text{дм}^3}, \quad \text{то} \quad \text{маємо} \quad E = 0 - \varphi_{\text{Zn}^{2+}|\text{Zn}}^0 = -\varphi_{\text{Zn}^{2+}|\text{Zn}}^0.$$

$$\varphi_{\text{Zn}^{2+}|\text{Zn}}^0 = -0,76\text{В} \text{ (дод. табл. Б), } E = 0,76\text{В}.$$

Якщо розмістити стандартні електродні потенціали металів, виміряних відносно стандартного водневого електрода, у порядку збільшення значення електродного потенціалу, то утворюється ряд напруг металів (дод. табл. Б).

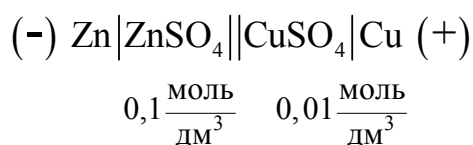
Теоретичне і практичне значення ряду напруг металів полягає в тому, що всі елементи в ньому розміщені в залежності від їх електрохімічних властивостей. Гідроген займає ключове положення. До нього зліва направо розміщені активні метали з негативними потенціалами. Після Гідрогену справа розміщені малоактивні метали з позитивними потенціалами. Основні висновки, які можна зробити, виходячи з положення металу в ряді напруг:

1. Кількісні значення електродного потенціалу в ряді напруг для кожного металу є його стандартними потенціалами у вольтах, відносно стандартного водневого електрода, потенціал якого прийнято вважати рівним нулю.

2. Кожний метал цього ряду, який стоїть лівіше витісняє всі метали, які стоять правіше, із розчинів їх солей.

3. Метали, які стоять у ряду до водню витісняють водень із розчинів неокиснювальних кислот.

Зробимо розрахунок ЕРС для гальванічного елемента:



$$E = \varphi_{\text{Cu}^{2+}|\text{Cu}} - \varphi_{\text{Zn}^{2+}|\text{Zn}};$$

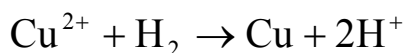
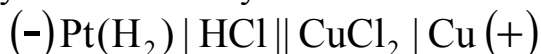
$$\varphi_{\text{Cu}^{2+}|\text{Cu}} = \varphi_{\text{Cu}^{2+}|\text{Cu}}^0 + \frac{0,059}{2} \lg 0,01 = 0,34 - 0,059 = 0,28\text{В};$$

$$\varphi_{\text{Zn}^{2+}|\text{Zn}} = \varphi_{\text{Zn}^{2+}|\text{Zn}}^0 + \frac{0,059}{2} \lg 0,1 = -0,76 - 0,03 = -0,79\text{В};$$

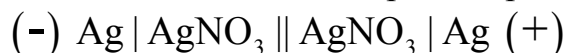
$$E = 0,28 - (-0,79) = 1,07 \approx 1,1\text{В}$$

Розрізняють гальванічні елементи:

а) хімічні, у яких ЕРС виникає внаслідок різної хімічної природи електродів. Під час їхньої роботи відбуваються хімічні перетворення компонентів. Наприклад, у гальванічному елементі



б) концентраційні елементи, які складаються з ідентичних за фізичним станом і хімічною природою учасників окисно-відновного процесу. Наприклад, два однакових метала, які занурено в розчин солі того ж метала, з різною концентрацією. Анодом є півелемент з меншою концентрацією розчину солі:



$$0,01 \frac{\text{моль}}{\text{дм}^3} \quad 0,1 \frac{\text{моль}}{\text{дм}^3}$$

ЕРС виникає за рахунок дифузії іонів, а не за рахунок хімічної реакції.

Приклад. Гальванічний елемент складений із залізного і срібного електродів. Концентрація іонів заліза (II) 1 моль/л, іонів срібла 0,01 моль/л. Який метал є анодом, який катодом? Напишіть рівняння окисно-відновної реакції, яка описує роботу цього гальванічного елементу, наведіть схему роботи елементу й розрахуйте ЕРС.

Розв'язання

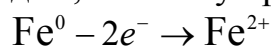
Визначимо електродні потенціали даних металів при заданих концентраціях:

$$\varphi_{\text{Fe}^{2+}|\text{Fe}} = \varphi_{\text{Fe}^{2+}|\text{Fe}}^0 + \frac{0,059}{2} \lg 1 = -0,44 + 0 = -0,44\text{В}$$

$$\varphi_{\text{Ag}^+|\text{Ag}} = \varphi_{\text{Ag}^+|\text{Ag}}^0 + \frac{0,059}{1} \lg 0,01 = 0,8 - 0,059 \cdot 2 = 0,68\text{В}$$

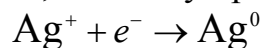
Залізо має менше значення електродного потенціалу ($\varphi_{\text{Fe}^{2+}|\text{Fe}} = -0,44\text{В}$)

і є анодом, на якому протікає процес окиснення:



Срібло, потенціал якого ($\varphi_{\text{Ag}^+|\text{Ag}} = 0,68\text{В}$) вище, ніж потенціал заліза, є

катодом, на якому протікає процес відновлення:



Рівняння окисно-відновної реакції, яка описує роботу цього гальванічного елемента, одержимо, склавши рівняння анодного і катодного процесів:

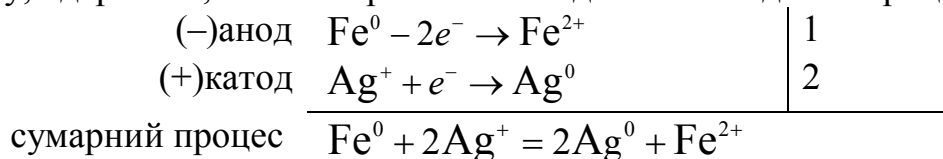


Схема залізно-срібного гальванічного елемента:



Електрорушійна сила (ЕРС) гальванічного елемента дорівнює різниці потенціалів катода й анода:

$$E = \varphi_{\text{Ag}^+|\text{Ag}} - \varphi_{\text{Fe}^{2+}|\text{Fe}} = 0,68 - (-0,44) = 1,12\text{В}.$$

Виконати завдання № 8

Розрахувати електродні потенціали зазначених металів у розчинах власних солей та ЕРС гальванічного елемента, складеного з двох металічних електродів. Концентрації іонів наведені нижче:

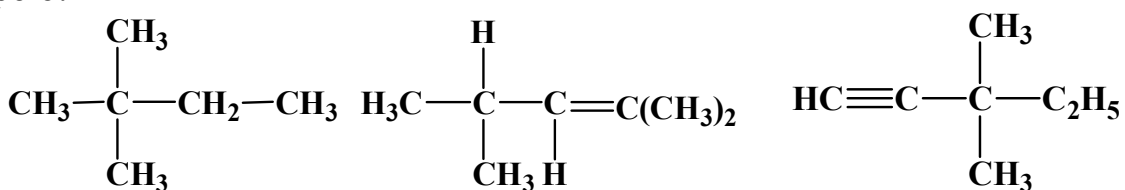
Номер варіанта	Найменування металів	Концентрація іонів металів у розчині, моль/л
1	Мідь, цинк	$c(\text{Cu}^{2+}) = 1; c(\text{Zn}^{2+}) = 0,01$
2	Алюміній, залізо	$c(\text{Al}^{3+}) = 0,001; c(\text{Fe}^{2+}) = 1$
3	Нікель, свинець	$c(\text{Ni}^{2+}) = 0,01; c(\text{Zn}^{2+}) = 0,01$
4	Олово, магній	$c(\text{Sn}^{2+}) = 1; c(\text{Mg}^{2+}) = 1$
5	Залізо, нікель	$c(\text{Fe}^{2+}) = 0,01; c(\text{Ni}^{2+}) = 0,001$
6	Цинк, алюміній	$c(\text{Zn}^{2+}) = 0,01; c(\text{Al}^{3+}) = 0,001$
7	Олово, марганець	$c(\text{Sn}^{2+}) = 0,01; c(\text{Mn}^{2+}) = 1$
8	Магній, свинець	$c(\text{Mg}^{2+}) = 1; c(\text{Pb}^{2+}) = 0,01$
9	Мідь, алюміній	$c(\text{Cu}^{2+}) = 0,01; c(\text{Al}^{3+}) = 0,001$
10	Марганець, залізо	$c(\text{Mn}^{2+}) = 0,01; c(\text{Fe}^{2+}) = 1$
11	Олово, нікель	$c(\text{Sn}^{2+}) = 0,01; c(\text{Ni}^{2+}) = 0,01$
12	Свинець, магній	$c(\text{Pb}^{2+}) = 0,01; c(\text{Cu}^{2+}) = 0,0001$
13	Цинк, мідь	$c(\text{Zn}^{2+}) = 0,01; c(\text{Cu}^{2+}) = 0,001$
14	Срібло, цинк	$c(\text{Ag}^+) = 1; c(\text{Zn}^{2+}) = 0,01$
15	Нікель, магній	$c(\text{Ni}^{2+}) = 0,01; c(\text{Mg}^{2+}) = 1$
16	Мідь, срібло	$c(\text{Cu}^{2+}) = 1; c(\text{Ag}^+) = 0,1$
17	Олово, цинк	$c(\text{Sn}^{2+}) = 0,01; c(\text{Zn}^{2+}) = 0,01$
18	Нікель, алюміній	$c(\text{Ni}^{2+}) = 1; c(\text{Al}^{3+}) = 0,001$
19	Залізо, цинк	$c(\text{Fe}^{2+}) = 0,01; c(\text{Zn}^{2+}) = 1$
20	Мідь, олово	$c(\text{Cu}^{2+}) = 1; c(\text{Sn}^{2+}) = 0,01$
21	Цинк, магній	$c(\text{Zn}^{2+}) = 0,01; c(\text{Mg}^{2+}) = 1$
22	Олово, свинець	$c(\text{Sn}^{2+}) = 1; c(\text{Pb}^{2+}) = 0,01$
23	Свинець, алюміній	$c(\text{Pb}^{2+}) = 0,01; c(\text{Al}^{3+}) = 0,001$
24	Нікель, магній	$c(\text{Ni}^{2+}) = 1; c(\text{Mg}^{2+}) = 0,01$
25	Марганець, свинець	$c(\text{Mn}^{2+}) = 1; c(\text{Pb}^{2+}) = 0,01$

Скласти схему гальванічного елемента із зазначених електродів, написати рівняння електродних процесів і сумарної реакції, що відбувається при роботі елемента й розрахувати його ЕРС.

Замінити один з електродів стандартним водневим, скласти схему нового гальванічного елемента, написати рівняння електродних процесів і сумарної реакції й розрахувати ЕРС.

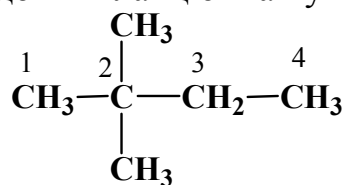
Завдання 9 Гідроенкарбони

Приклад 1. Дайте назви наступним сполукам за систематичною номенклатурою:



Розв'язання

1. Обираємо найбільш довгий ланцюг та нумеруємо його.



Важливо, щоб замісники (у даному випадку – дві CH_3 -групи) знаходились біля атомів Карбону з найменшими номерами (тобто, **пронумерувати у зворотному напрямку буде невірно**).

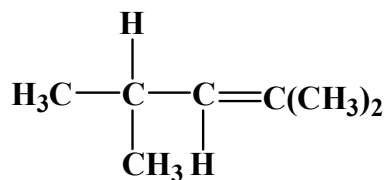
У назві сполуки вказуємо, при якому атомі Карбону знаходяться замісники, і які саме (метил-, етил-, хлор- і т. і.). Якщо є кілька **однакових** замісників (як у даному випадку два метила), їх назву вказують лише один раз, а їх кількість (один, два, три, чотири ...) передають префіксами «ди» (або «ді»), «три», «тетра»...

У конкретному прикладі назва повинна містити «2,2-диметил».

Далі треба додати назву основного ланцюга, в даному випадку це – бутан.

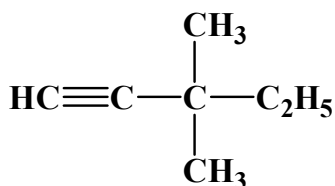
Тобто, повна назва сполуки – **2,2-диметилбутан**.

2)



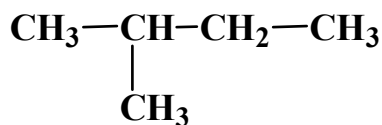
2,4-диметилпентен-2.

3)

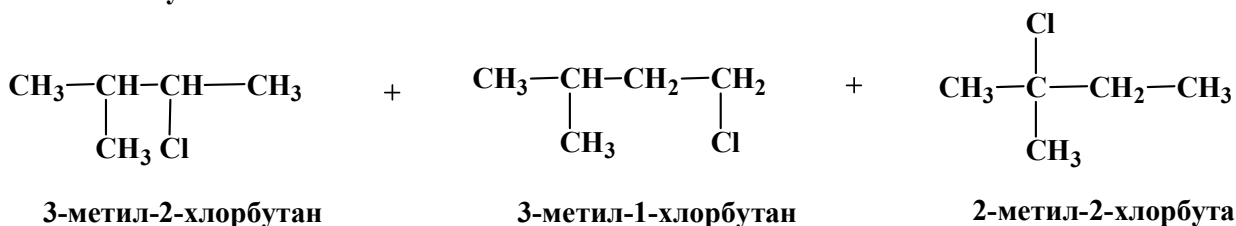
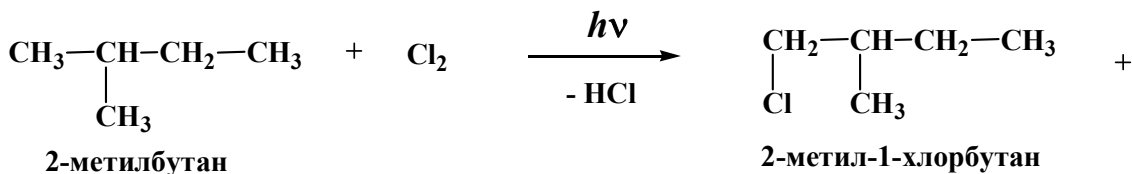


3,3-диметилпентин-1.

Приклад 2. Для наведеної нижче сполуки напишіть реакцію взаємодії з Cl_2 (наведіть всі можливі ізомери монохлорування), дайте назву всім речовинам.



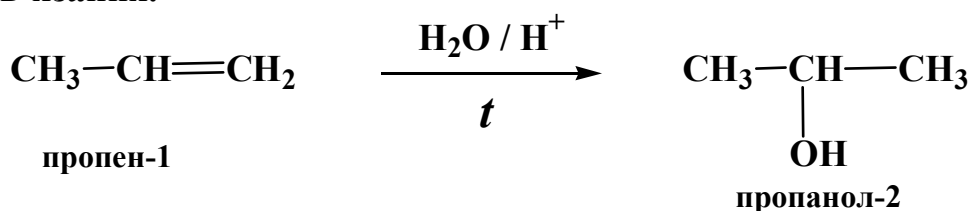
Розв'язання.



Врахувати наступне: 1) галогенування алканів – **радикальний процес**, 2) каталізується **опроміненням**; 3) є **неселективним** процесом, тобто в реакції зазвичай утворюється **суміш ізомерів**.

Приклад 3. Записати реакцію приєднання H_2O до пропену.

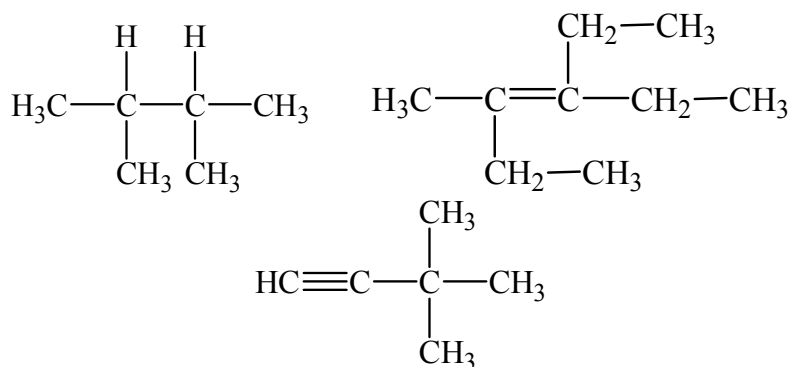
Розв'язання.



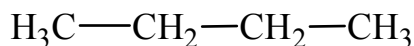
Важливо врахувати наступне: 1) до кожної органічної реакції треба **наводити умови проведення**; 2) приєднання H_2O та HCl , HBr – йонний процес та каталізується кислотами і нагріванням; 3) реакція відбувається за **правилом Марковникова** – приєднання H іде до **більш гідрогенізованого** атома Карбону (тобто у даному випадку утворюється пропанол-2, а не пропанол-1).

Виконати завдання № 9

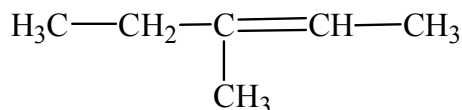
1. а) дайте назви наступним сполукам за систематичною номенклатурою:



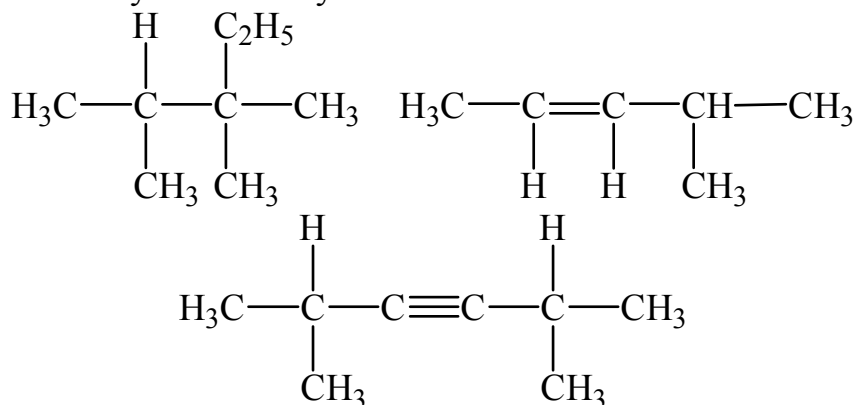
б) для наведеної нижче сполуки напишіть реакцію взаємодії з Cl_2 (наведіть всі можливі ізомери монохлорування), дайте назву всім речовинам, а також наведіть структурні формули та назви ізомерів даного алкану.



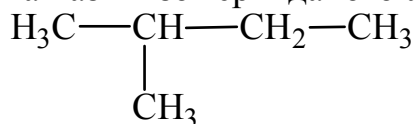
в) для наведеної нижче сполуки напишіть реакцію взаємодії з H_2O , дайте назву всім речовинам.



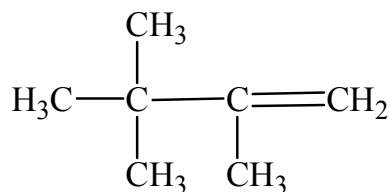
2. а) дайте назви наступним сполукам за систематичною номенклатурою:



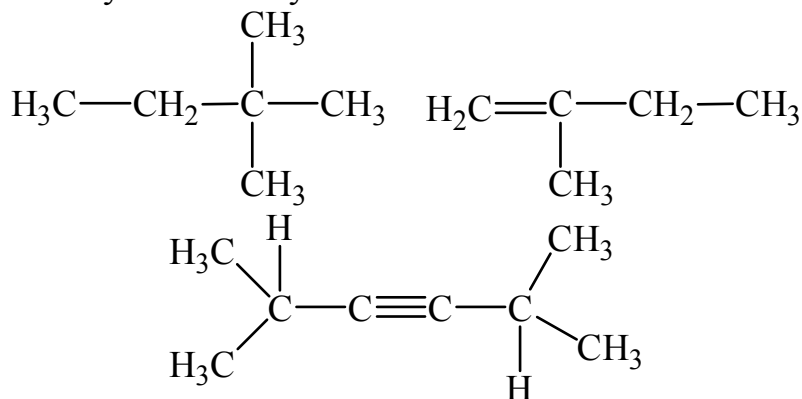
б) для наведеної нижче сполуки напишіть реакцію взаємодії з Cl_2 (наведіть всі можливі ізомери монохлорування), дайте назву всім речовинам, а також наведіть структурні формули та назви ізомерів даного алкану.



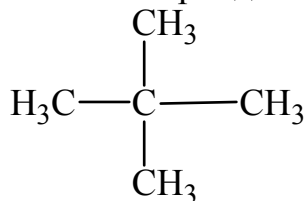
в) для наведеної нижче сполуки напишіть реакцію взаємодії з H_2O , дайте назву всім речовинам.



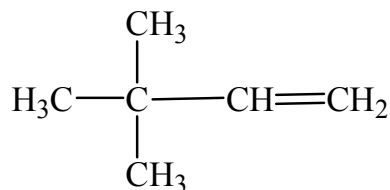
3. а) дайте назви наступним сполукам за систематичною номенклатурою:



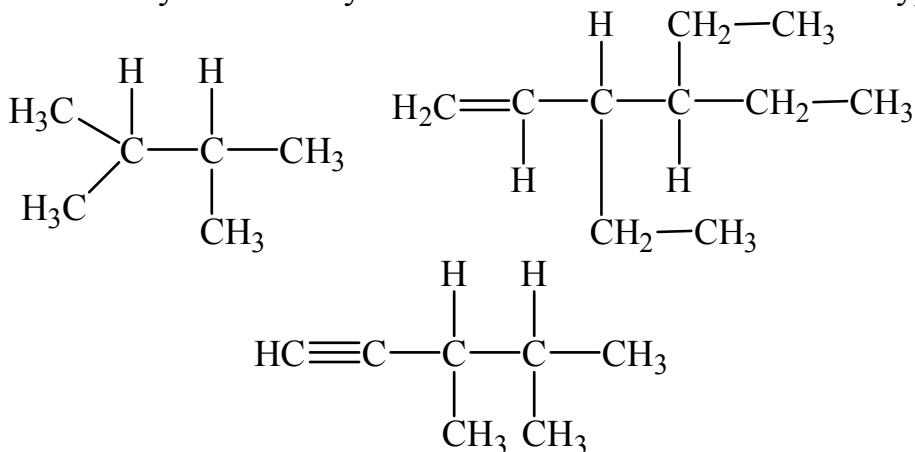
б) для наведеної нижче сполуки напишіть реакцію взаємодії з Cl_2 (наведіть всі можливі ізомери монохлорування), дайте назву всім речовинам, а також наведіть структурні формули та назви ізомерів даного алкану.



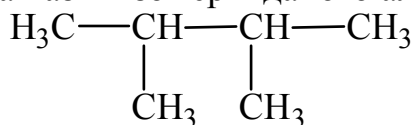
в) для наведеної нижче сполуки напишіть реакцію взаємодії з H_2O , дайте назву всім речовинам.



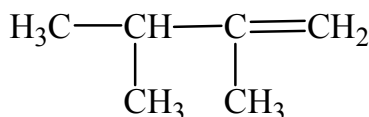
4. а) дайте назви наступним сполукам за систематичною номенклатурою:



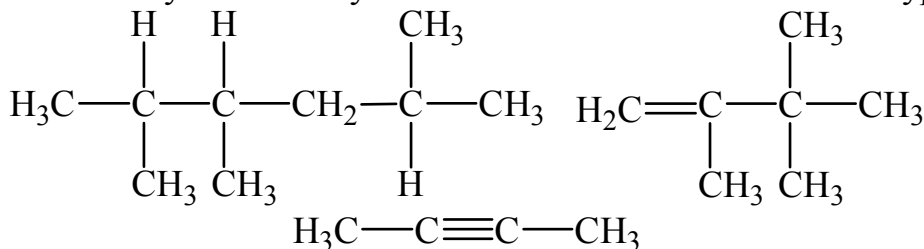
б) для наведеної нижче сполуки напишіть реакцію взаємодії з Cl_2 (наведіть всі можливі ізомери монохлорування), дайте назву всім речовинам, а також наведіть структурні формули та назви ізомерів даного алкану.



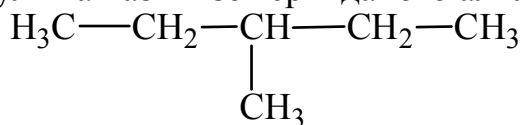
в) для наведеної нижче сполуки напишіть реакцію взаємодії з H_2O , дайте назву всім речовинам.



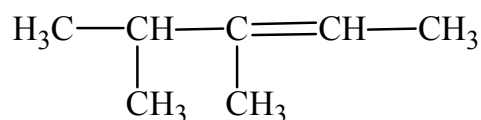
5. а) дайте назви наступним сполукам за систематичною номенклатурою:



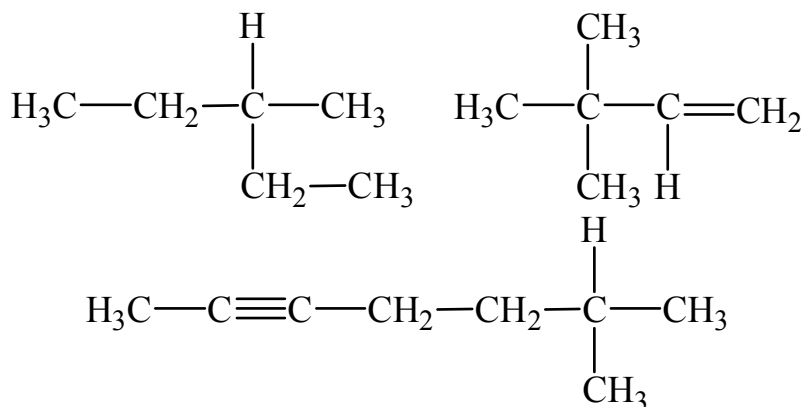
б) для наведеної нижче сполуки напишіть реакцію взаємодії з Cl_2 (наведіть всі можливі ізомери монохлорування), дайте назву всім речовинам, а також наведіть структурні формули та назви ізомерів даного алкану.



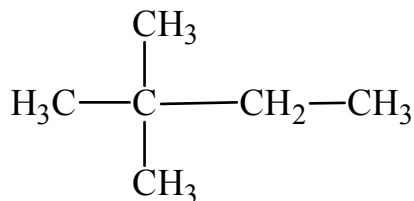
в) для наведеної нижче сполуки напишіть реакцію взаємодії з H_2O , дайте назву всім речовинам.



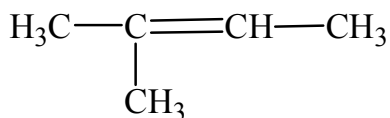
6. а) дайте назви наступним сполукам за систематичною номенклатурою:



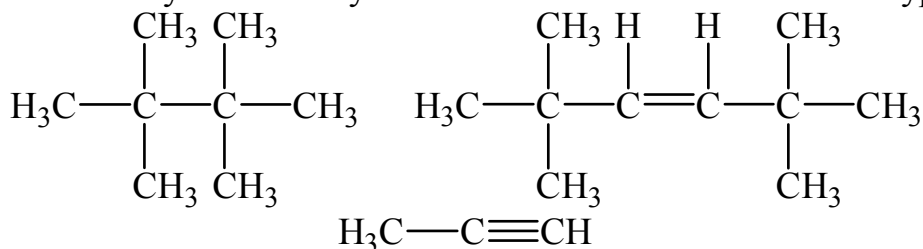
б) для наведеної нижче сполуки напишіть реакцію взаємодії з Cl_2 (наведіть всі можливі ізомери монохлорування), дайте назву всім речовинам, а також наведіть структурні формули та назви ізомерів даного алкану.



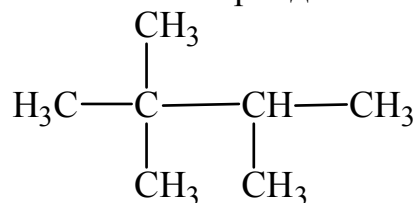
в) для наведеної нижче сполуки напишіть реакцію взаємодії з H_2O , дайте назву всім речовинам.



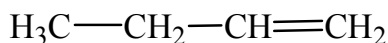
7. а) дайте назви наступним сполукам за систематичною номенклатурою:



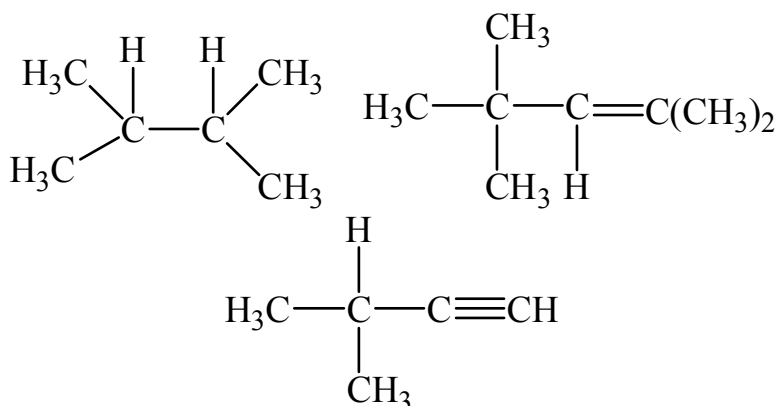
б) для наведеної нижче сполуки напишіть реакцію взаємодії з Cl_2 (наведіть всі можливі ізомери монохлорування), дайте назву всім речовинам, а також наведіть структурні формули та назви ізомерів даного алкану.



в) для наведеної нижче сполуки напишіть реакцію взаємодії з H_2O , дайте назву всім речовинам.



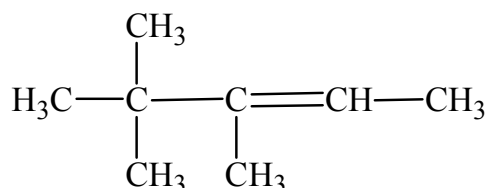
8. а) дайте назви наступним сполукам за систематичною номенклатурою:



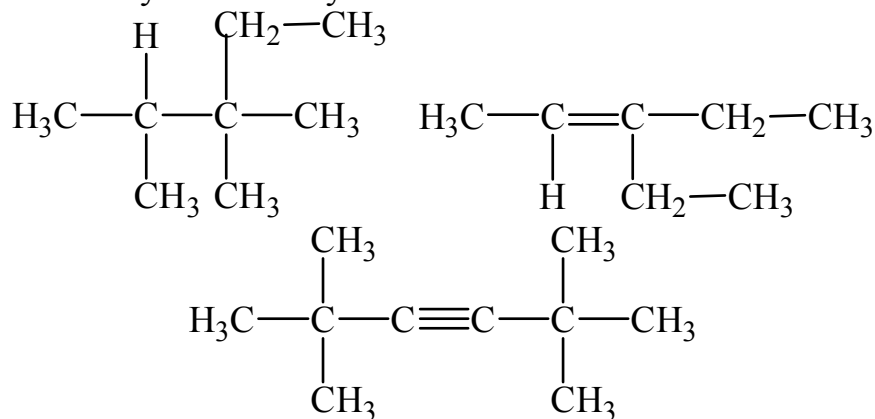
б) для наведеної нижче сполуки напишіть реакцію взаємодії з Cl_2 (наведіть всі можливі ізомери монохлорування), дайте назву всім речовинам, а також наведіть структурні формули та назви ізомерів даного алкану.



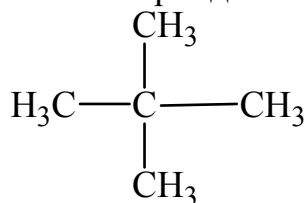
в) для наведеної нижче сполуки напишіть реакцію взаємодії з H_2O , дайте назву всім речовинам.



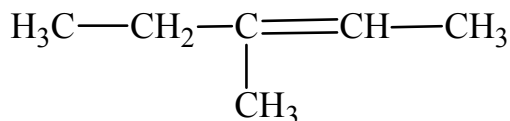
9. а) дайте назви наступним сполукам за систематичною номенклатурою:



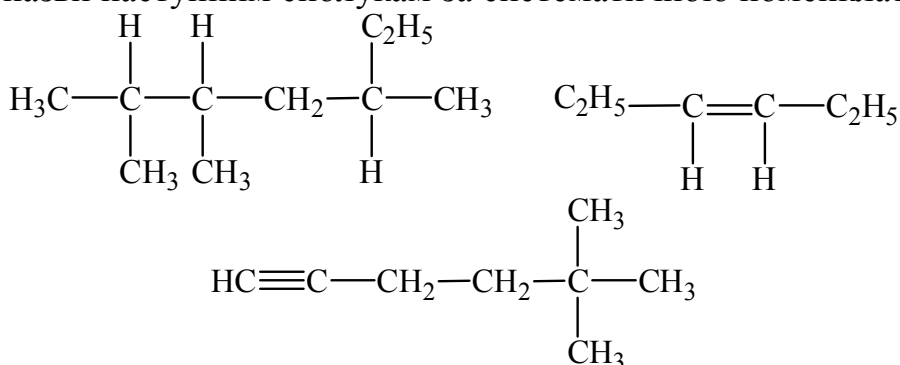
б) для наведеної нижче сполуки напишіть реакцію взаємодії з Cl_2 (наведіть всі можливі ізомери монохлорування), дайте назву всім речовинам, а також наведіть структурні формули та назви ізомерів даного алкану.



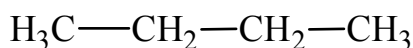
в) для наведеної нижче сполуки напишіть реакцію взаємодії з H_2O , дайте назву всім речовинам.



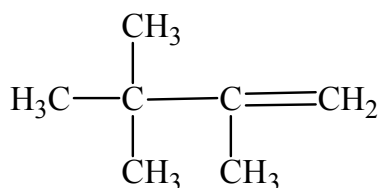
10. а) дайте назви наступним сполукам за систематичною номенклатурою:



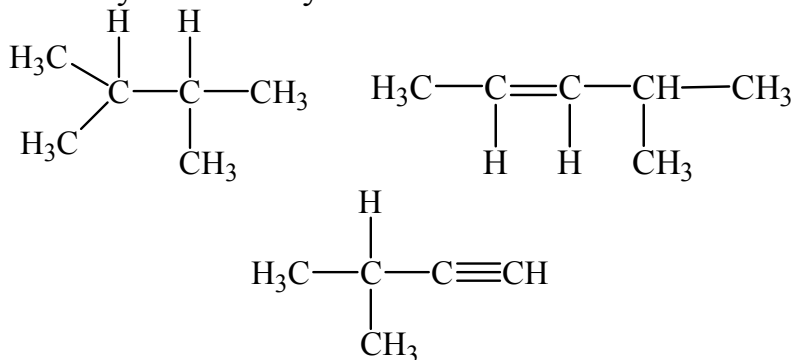
б) для наведеної нижче сполуки напишіть реакцію взаємодії з Cl_2 (наведіть всі можливі ізомери монохлорування), дайте назву всім речовинам, а також наведіть структурні формули та назви ізомерів даного алкану.



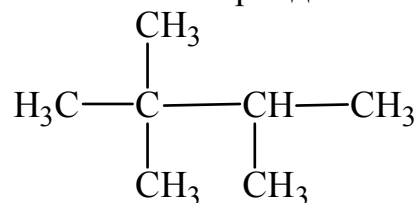
в) для наведеної нижче сполуки напишіть реакцію взаємодії з H_2O , дайте назву всім речовинам.



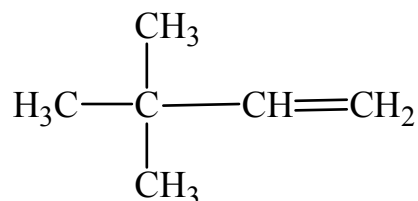
11. а) дайте назви наступним сполукам за систематичною номенклатурою:



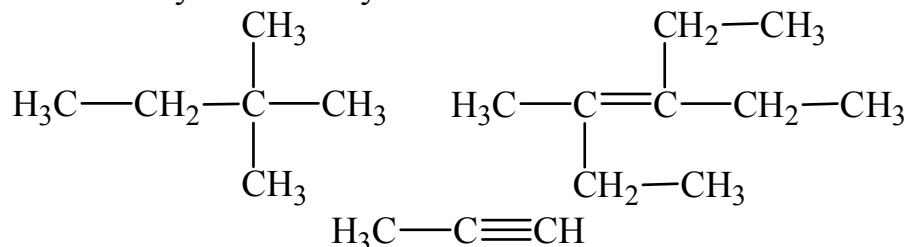
б) для наведеної нижче сполуки напишіть реакцію взаємодії з Cl_2 (наведіть всі можливі ізомери монохлорування), дайте назву всім речовинам, а також наведіть структурні формули та назви ізомерів даного алкану.



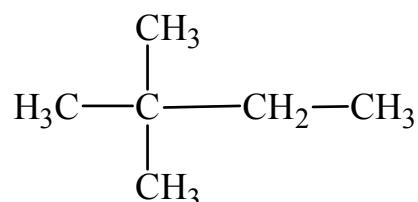
в) для наведеної нижче сполуки напишіть реакцію взаємодії з H_2O , дайте назву всім речовинам.



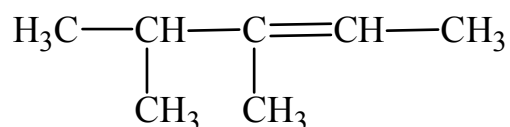
12. а) дайте назви наступним сполукам за систематичною номенклатурою:



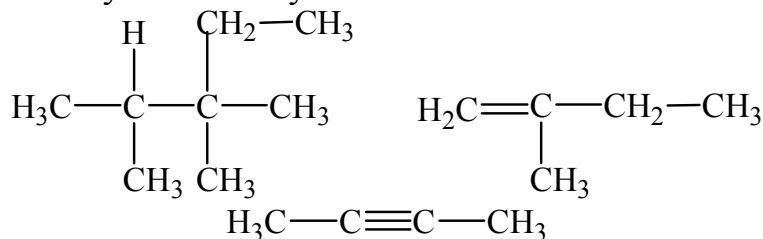
б) для наведеної нижче сполуки напишіть реакцію взаємодії з Cl_2 (наведіть всі можливі ізомери монохлорування), дайте назву всім речовинам, а також наведіть структурні формули та назви ізомерів даного алкану.



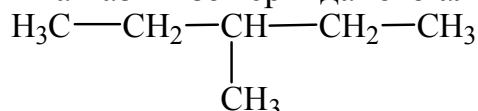
в) для наведеної нижче сполуки напишіть реакцію взаємодії з H_2O , дайте назву всім речовинам.



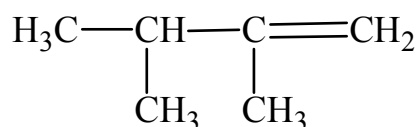
13. а) дайте назви наступним сполукам за систематичною номенклатурою:



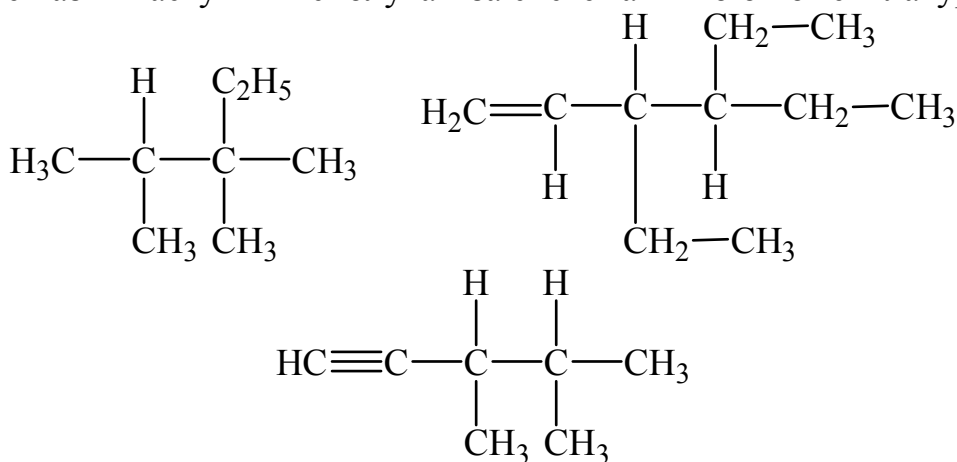
б) для наведеної нижче сполуки напишіть реакцію взаємодії з Cl_2 (наведіть всі можливі ізомери монохлорування), дайте назву всім речовинам, а також наведіть структурні формули та назви ізомерів даного алкану.



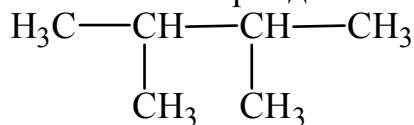
в) для наведеної нижче сполуки напишіть реакцію взаємодії з H_2O , дайте назву всім речовинам.



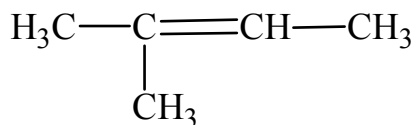
14. а) дайте назви наступним сполукам за систематичною номенклатурою:



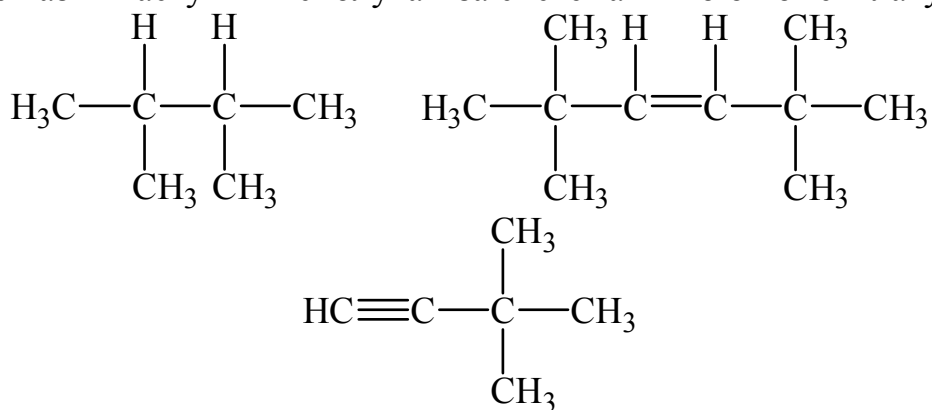
б) для наведеної нижче сполуки напишіть реакцію взаємодії з Cl_2 (наведіть всі можливі ізомери монохлорування), дайте назву всім речовинам, а також наведіть структурні формули та назви ізомерів даного алкану.



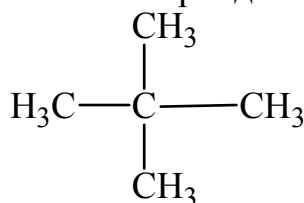
в) для наведеної нижче сполуки напишіть реакцію взаємодії з H_2O , дайте назву всім речовинам.



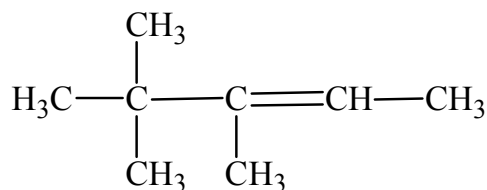
15. а) дайте назви наступним сполукам за систематичною номенклатурою:



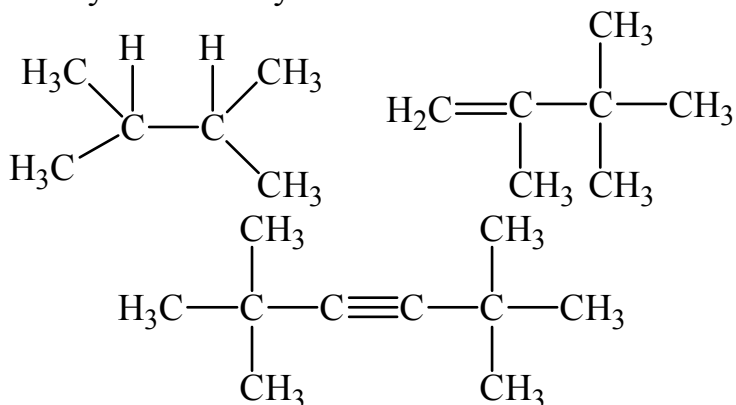
б) для наведеної нижче сполуки напишіть реакцію взаємодії з Cl_2 (наведіть всі можливі ізомери монохлорування), дайте назву всім речовинам, а також наведіть структурні формули та назви ізомерів даного алкану.



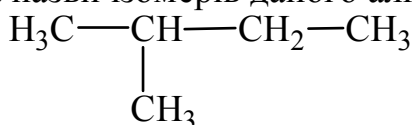
в) для наведеної нижче сполуки напишіть реакцію взаємодії з H_2O , дайте назву всім речовинам.



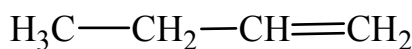
16. а) дайте назви наступним сполукам за систематичною номенклатурою:



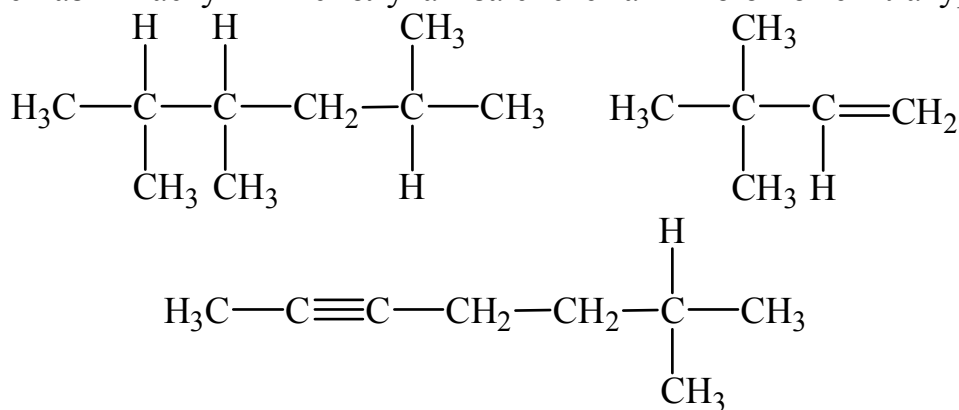
б) для наведеної нижче сполуки напишіть реакцію взаємодії з Cl_2 (наведіть всі можливі ізомери монохлорування), дайте назву всім речовинам, а також наведіть структурні формули та назви ізомерів даного алкану.



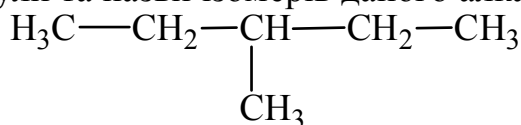
в) для наведеної нижче сполуки напишіть реакцію взаємодії з H_2O , дайте назву всім речовинам.



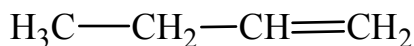
17. а) дайте назви наступним сполукам за систематичною номенклатурою:



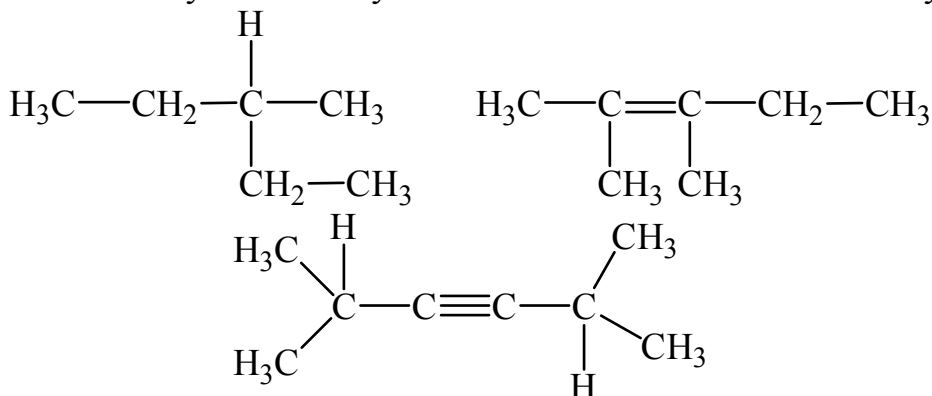
б) для наведеної нижче сполуки напишіть реакцію взаємодії з Cl_2 (наведіть всі можливі ізомери монохлорування), дайте назву всім речовинам, а також наведіть структурні формули та назви ізомерів даного алкану.



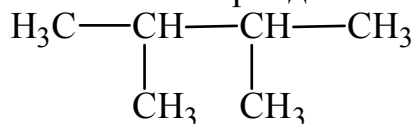
в) для наведеної нижче сполуки напишіть реакцію взаємодії з H_2O , дайте назву всім речовинам.



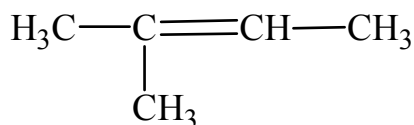
18. а) дайте назви наступним сполукам за систематичною номенклатурою:



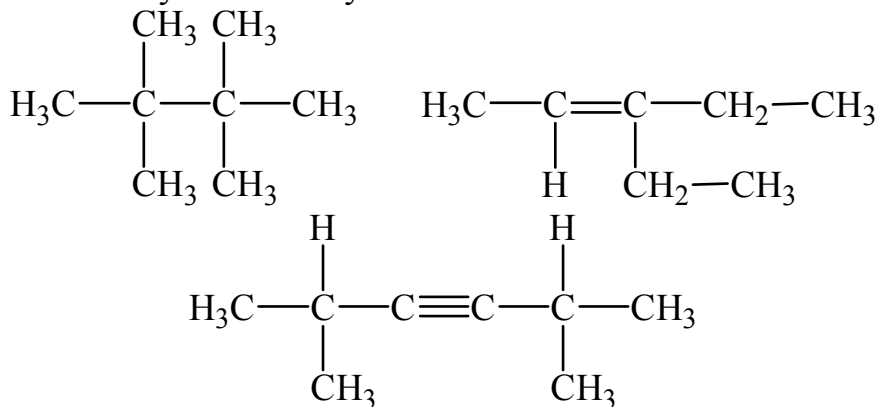
б) для наведеної нижче сполуки напишіть реакцію взаємодії з Cl_2 (наведіть всі можливі ізомери монохлорування), дайте назву всім речовинам, а також наведіть структурні формули та назви ізомерів даного алкану.



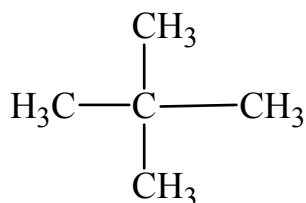
в) для наведеної нижче сполуки напишіть реакцію взаємодії з H_2O , дайте назву всім речовинам.



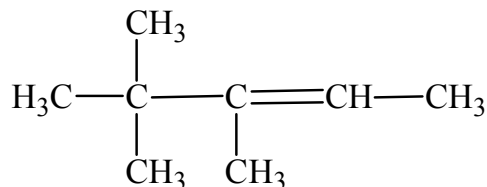
19. а) дайте назви наступним сполукам за систематичною номенклатурою:



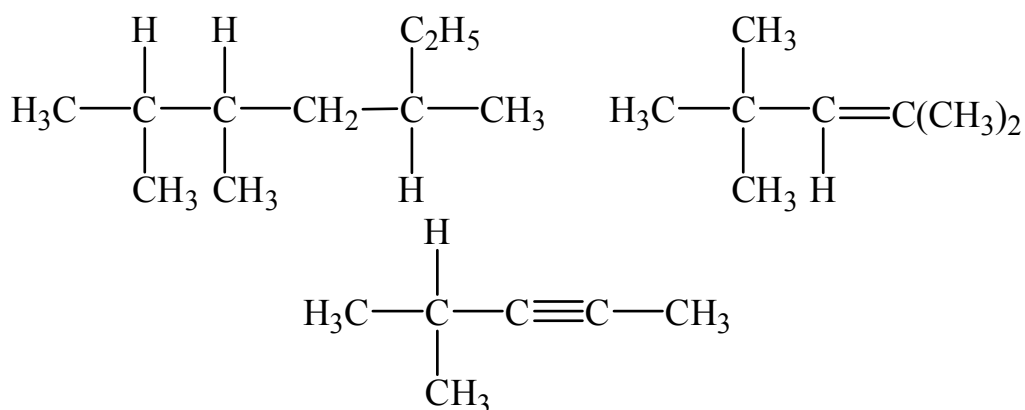
б) для наведеної нижче сполуки напишіть реакцію взаємодії з Cl_2 (наведіть всі можливі ізомери монохлорування), дайте назву всім речовинам, а також наведіть структурні формули та назви ізомерів даного алкану.



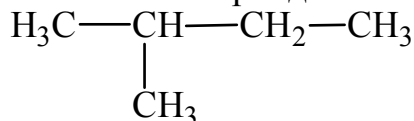
в) для наведеної нижче сполуки напишіть реакцію взаємодії з H_2O , дайте назву всім речовинам.



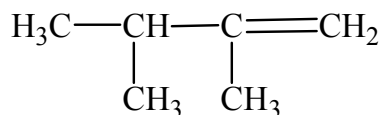
20. а) дайте назви наступним сполукам за систематичною номенклатурою:



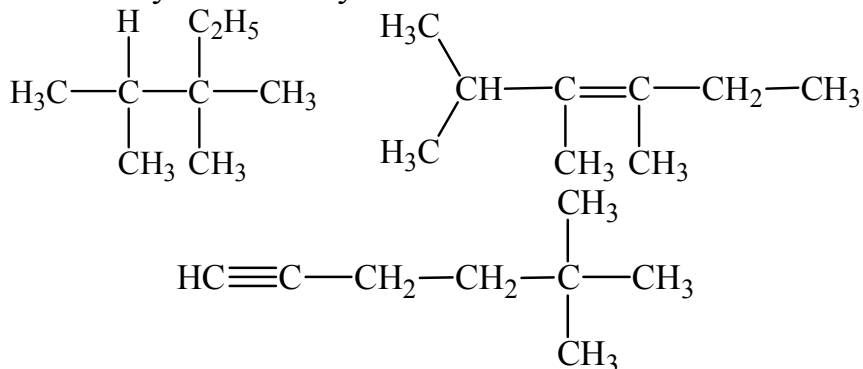
б) для наведеної нижче сполуки напишіть реакцію взаємодії з Cl_2 (наведіть всі можливі ізомери монохлорування), дайте назву всім речовинам, а також наведіть структурні формули та назви ізомерів даного алкану.



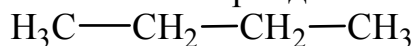
в) для наведеної нижче сполуки напишіть реакцію взаємодії з H_2O , дайте назву всім речовинам.



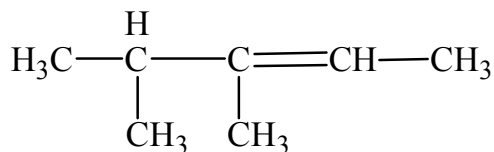
21. а) дайте назви наступним сполукам за систематичною номенклатурою:



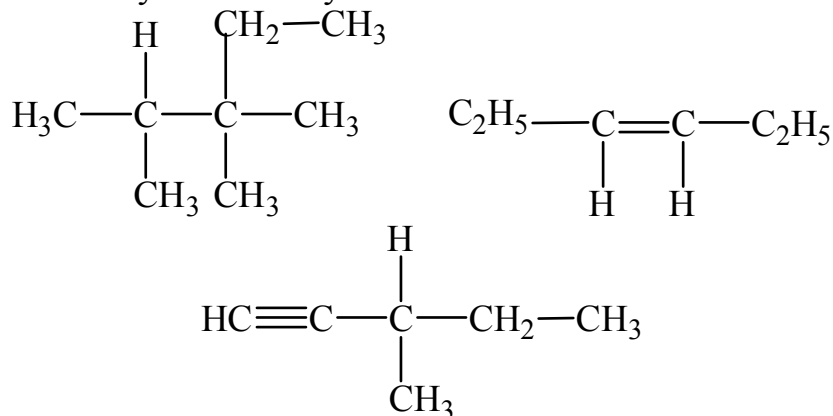
б) для наведеної нижче сполуки напишіть реакцію взаємодії з Cl_2 (наведіть всі можливі ізомери монохлорування), дайте назву всім речовинам, а також наведіть структурні формули та назви ізомерів даного алкану.



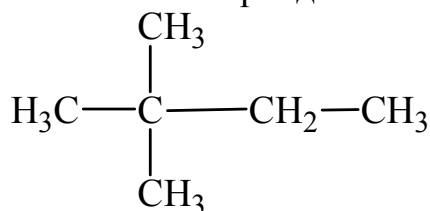
в) для наведеної нижче сполуки напишіть реакцію взаємодії з H_2O , дайте назву всім речовинам.



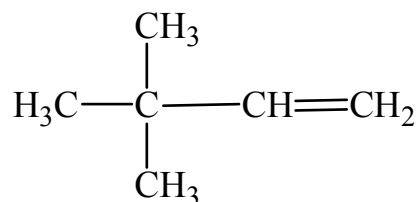
22. а) дайте назви наступним сполукам за систематичною номенклатурою:



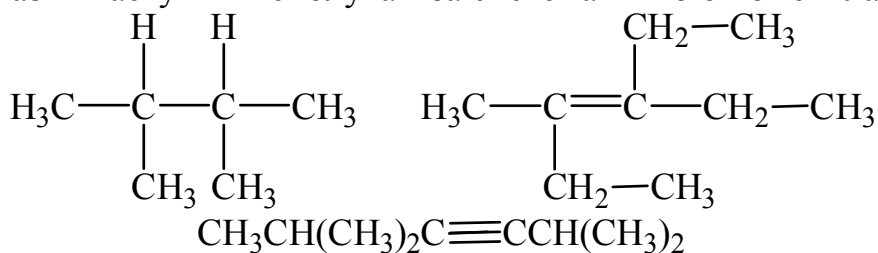
б) для наведеної нижче сполуки напишіть реакцію взаємодії з Cl_2 (наведіть всі можливі ізомери монохлорування), дайте назву всім речовинам, а також наведіть структурні формули та назви ізомерів даного алкану.



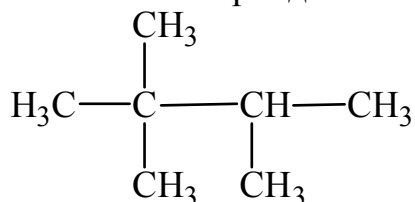
в) для наведеної нижче сполуки напишіть реакцію взаємодії з H_2O , дайте назву всім речовинам.



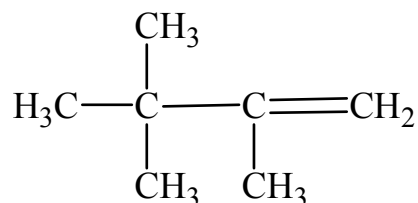
23. а) дайте назви наступним сполукам за систематичною номенклатурою:



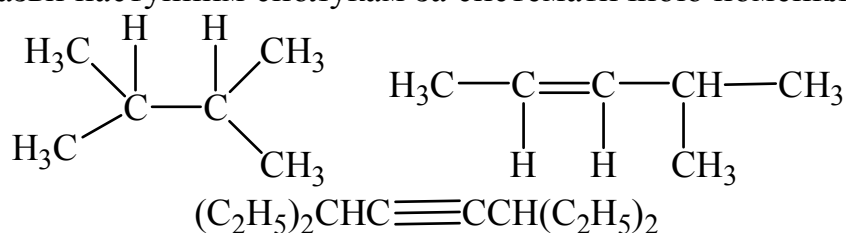
б) для наведеної нижче сполуки напишіть реакцію взаємодії з Cl_2 (наведіть всі можливі ізомери монохлорування), дайте назву всім речовинам, а також наведіть структурні формули та назви ізомерів даного алкану.



в) для наведеної нижче сполуки напишіть реакцію взаємодії з H_2O , дайте назву всім речовинам.



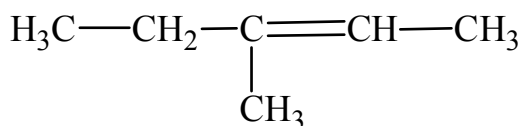
24. а) дайте назви наступним сполукам за систематичною номенклатурою:



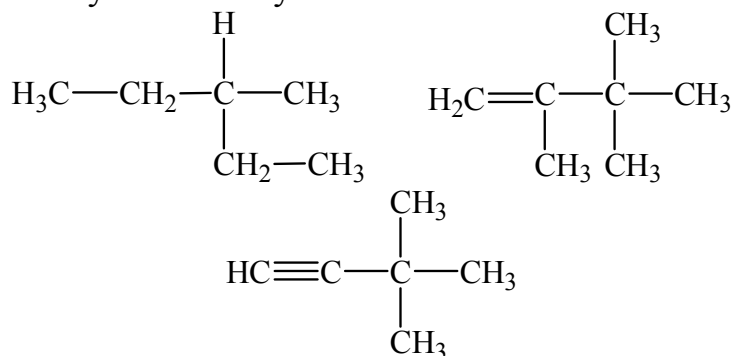
б) для наведеної нижче сполуки напишіть реакцію взаємодії з Cl_2 (наведіть всі можливі ізомери монохлорування), дайте назву всім речовинам, а також наведіть структурні формули та назви ізомерів даного алкану.



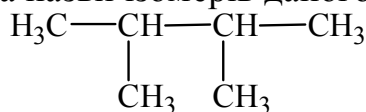
в) для наведеної нижче сполуки напишіть реакцію взаємодії з H_2O , дайте назву всім речовинам.



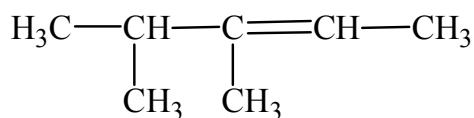
25. а) дайте назви наступним сполукам за систематичною номенклатурою:



б) для наведеної нижче сполуки напишіть реакцію взаємодії з Cl_2 (наведіть всі можливі ізомери монохлорування), дайте назву всім речовинам, а також наведіть структурні формули та назви ізомерів даного алкану.



в) для наведеної нижче сполуки напишіть реакцію взаємодії з H_2O , дайте назву всім речовинам.



Завдання 10

Спирти. Альдегіди. Карбонові кислоти

Приклад 1. При спалюванні 32 г одноатомного насиченого спирту отримали 44 г CO_2 . Яка формула цього спирту?

Дано:

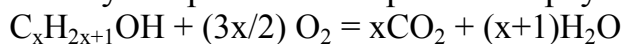
$$m(\text{C}_x\text{H}_{2x+2}\text{O}) = 32 \text{ г}$$

$$m(\text{CO}_2) = 44 \text{ г}$$

Розв'язання.

Загальна формула насичених одноатомних спиртів – $\text{C}_x\text{H}_{2x+1}\text{OH}$.

Записуємо рівняння згоряння спирту:



формула спирту – ?

Знаходимо кількості речовин $\text{C}_x\text{H}_{2x+1}\text{OH}$ та CO_2 :

$$n(\text{CO}_2) = \frac{m(\text{CO}_2)}{M(\text{CO}_2)} = \frac{44 \text{ г}}{44 \text{ г/моль}} = 1 \text{ моль}.$$

Молярна маса спирту:

$$M = (12x + 2x + 2 + 16) \text{ г/моль} = (14x + 18) \text{ г/моль}$$

Кількість речовини спирту:

$$n(\text{C}_x\text{H}_{2x+1}\text{OH}) = \frac{m(\text{C}_x\text{H}_{2x+1}\text{OH})}{M(\text{C}_x\text{H}_{2x+1}\text{OH})} = \frac{32 \text{ г}}{(14x + 18) \text{ г/моль}}.$$

Зі стехіометрії рівняння згоряння спирту маємо:

$$\frac{n(\text{C}_x\text{H}_{2x+1}\text{OH})}{1} = \frac{n(\text{CO}_2)}{x};$$

$$\frac{32}{14x + 18} = \frac{1}{x};$$

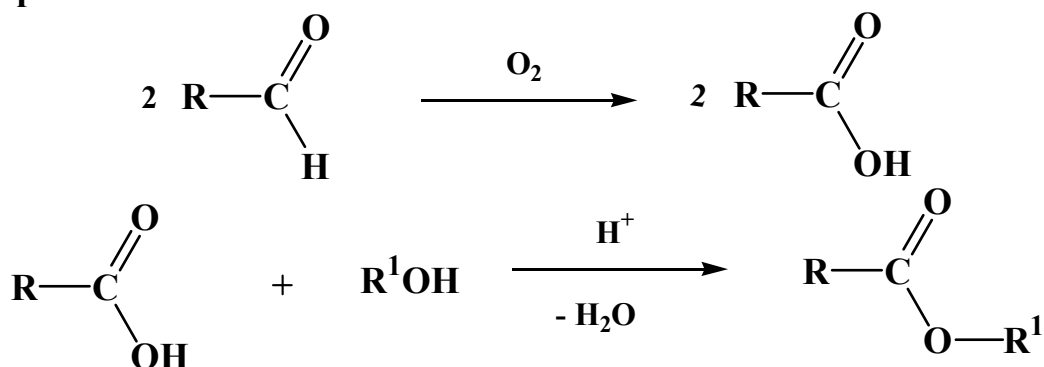
$$14x + 18 = 32x$$

$$18x = 18$$

$$x = 1$$

Виходить, формула спирту CH_3OH – метанол.

Для розв'язання задач із п. б), в) використайте наступні схеми перетворень!



Виконати завдання № 10

1. а) при спалюванні 48 г одноатомного насиченого спирту отримали 66 г CO_2 . Яка формула цього спирту?

б) після тривалого стояння у нещільно закритій посудині оцтового альдегіду маса речовини збільшилася на 5%. Що відбувається з речовиною? Запишіть реакцію. Розрахуйте, скільки % альдегіду залишилося у суміші.

в) розрахуйте, яку масу естеру можна одержати з 40 г етанолу та 40 г оцтової кислоти.

2. а) при спалюванні 69 г одноатомного насиченого спирту отримали 132 г CO_2 . Яка формула цього спирту?

б) після тривалого стояння у нещільно закритій посудині пропіонового альдегіду маса речовини збільшилася на 5%. Що відбувається з речовиною? Запишіть реакцію. Розрахуйте, скільки % альдегіду залишилося у суміші.

в) розрахуйте, яку масу естеру можна одержати з 40 г метанолу та 40 г оцтової кислоти.

3. а) при спалюванні 90 г одноатомного насиченого спирту отримали 198 г CO_2 . Яка формула цього спирту?

б) після тривалого стояння у нещільно закритій посудині масляного альдегіду маса речовини збільшилася на 5%. Що відбувається з речовиною? Запишіть реакцію. Розрахуйте, скільки % альдегіду залишилося у суміші.

в) розрахуйте, яку масу естеру можна одержати з 40 г пропанолу-1 та 40 г оцтової кислоти.

4. а) при спалюванні 111 г одноатомного насиченого спирту отримали 264 г CO_2 . Яка формула цього спирту?

б) після тривалого стояння у нещільно закритій посудині валеріанового альдегіду маса речовини збільшилася на 5%. Що відбувається з речовиною? Запишіть реакцію. Розрахуйте, скільки % альдегіду залишилося у суміші.

в) розрахуйте, яку масу естеру можна одержати з 40 г бутанолу-1 та 40 г оцтової кислоти.

5. а) при спалюванні 132 г одноатомного насиченого спирту отримали 330 г CO_2 . Яка формула цього спирту?

б) після тривалого стояння у нещільно закритій посудині ізомасляного альдегіду маса речовини збільшилася на 5%. Що відбувається з речовиною? Запишіть реакцію. Розрахуйте, скільки % альдегіду залишилося у суміші.

в) розрахуйте, яку масу естеру можна одержати з 40 г пентанолу-1 та 40 г оцтової кислоти.

6. а) при спалюванні 153 г одноатомного насиченого спирту отримали 396 г CO_2 . Яка формула цього спирту?

б) після тривалого стояння у нещільно закритій посудині ізовалеріанового альдегіду маса речовини збільшилася на 5%. Що відбувається з речовиною? Запишіть реакцію. Розрахуйте, скільки % альдегіду залишилося у суміші.

в) розрахуйте, яку масу естеру можна одержати з 40 г гексанолу-1 та 40 г оцтової кислоти.

7. а) при спалюванні 174 г одноатомного насиченого спирту отримали 462 г CO_2 . Яка формула цього спирту?

б) після тривалого стояння у нещільно закритій посудині капронового альдегіду маса речовини збільшилася на 5%. Що відбувається з речовиною? Запишіть реакцію. Розрахуйте, скільки % альдегіду залишилося у суміші.

в) розрахуйте, яку масу естеру можна одержати з 40 г етанолу та 40 г мурашиної кислоти.

8. а) при спалюванні 195 г одноатомного насиченого спирту отримали 528 г CO_2 . Яка формула цього спирту?

б) після тривалого стояння у нещільно закритій посудині оцтового альдегіду маса речовини збільшилася на 1%. Що відбувається з речовиною? Запишіть реакцію. Розрахуйте, скільки % альдегіду залишилося у суміші.

в) розрахуйте, яку масу естеру можна одержати з 40 г етанолу та 40 г пропіонової кислоти.

9. а) при спалюванні 216 г одноатомного насиченого спирту отримали 594 г CO_2 . Яка формула цього спирту?

б) після тривалого стояння у нещільно закритій посудині пропіонового альдегіду маса речовини збільшилася на 1%. Що відбувається з речовиною? Запишіть реакцію. Розрахуйте, скільки % альдегіду залишилося у суміші.

в) розрахуйте, яку масу естеру можна одержати з 40 г пропанолу-2 та 40 г масляної кислоти.

10. а) при спалюванні 56 г одноатомного насиченого спирту отримали 77 г CO_2 . Яка формула цього спирту?

б) після тривалого стояння у нещільно закритій посудині масляного альдегіду маса речовини збільшилася на 1%. Що відбувається з речовиною? Запишіть реакцію. Розрахуйте, скільки % альдегіду залишилося у суміші.

в) розрахуйте, яку масу естеру можна одержати з 40 г етанолу та 40 г валеріанової кислоти.

11. а) при спалюванні 80,5 г одноатомного насиченого спирту отримали 154 г CO_2 . Яка формула цього спирту?

б) після тривалого стояння у нещільно закритій посудині валеріанового альдегіду маса речовини збільшилася на 1%. Що відбувається з речовиною? Запишіть реакцію. Розрахуйте, скільки % альдегіду залишилося у суміші.

в) розрахуйте, яку масу естеру можна одержати з 40 г бутанолу-2 та 40 г капронової кислоти.

12. а) при спалюванні 105 г одноатомного насиченого спирту отримали 231 г CO_2 . Яка формула цього спирту?

б) після тривалого стояння у нещільно закритій посудині ізомасляного альдегіду маса речовини збільшилася на 1%. Що відбувається з речовиною? Запишіть реакцію. Розрахуйте, скільки % альдегіду залишилося у суміші.

в) розрахуйте, яку масу естеру можна одержати з 75 г пентанолу-3 та 40 г оцтової кислоти.

13. а) при спалюванні 129,5 г одноатомного насиченого спирту отримали 308 г CO_2 . Яка формула цього спирту?

б) після тривалого стояння у нещільно закритій посудині ізовалеріанового альдегіду маса речовини збільшилася на 1%. Що відбувається з речовиною? Запишіть реакцію. Розрахуйте, скільки % альдегіду залишилося у суміші.

в) розрахуйте, яку масу естеру можна одержати з 60 г етанолу та 40 г ізовалеріанової кислоти.

14. а) при спалюванні 154 г одноатомного насиченого спирту отримали 385 г CO_2 . Яка формула цього спирту?

б) після тривалого стояння у нещільно закритій посудині капронового альдегіду маса речовини збільшилася на 1%. Що відбувається з речовиною? Запишіть реакцію. Розрахуйте, скільки % альдегіду залишилося у суміші.

в) розрахуйте, яку масу естеру можна одержати з 90 г етанолу та 40 г оцтової кислоти.

15. а) при спалюванні 178,5 г одноатомного насиченого спирту отримали 462 г CO_2 . Яка формула цього спирту?

б) після тривалого стояння у нещільно закритій посудині оцтового альдегіду маса речовини збільшилася на 3%. Що відбувається з речовиною? Запишіть реакцію. Розрахуйте, скільки % альдегіду залишилося у суміші.

в) розрахуйте, яку масу естеру можна одержати з 40 г пропанолу-2 та 80 г оцтової кислоти.

16. а) при спалюванні 203 г одноатомного насиченого спирту отримали 539 г CO_2 . Яка формула цього спирту?

б) після тривалого стояння у нещільно закритій посудині пропіонового альдегіду маса речовини збільшилася на 3%. Що відбувається з речовиною? Запишіть реакцію. Розрахуйте, скільки % альдегіду залишилося у суміші.

в) розрахуйте, яку масу естеру можна одержати з 40 г бутанолу-2 та 65 г оцтової кислоти.

17. а) при спалюванні 227,5 г одноатомного насиченого спирту отримали 616 г CO_2 . Яка формула цього спирту?

б) після тривалого стояння у нещільно закритій посудині масляного альдегіду маса речовини збільшилася на 3%. Що відбувається з речовиною? Запишіть реакцію. Розрахуйте, скільки % альдегіду залишилося у суміші.

в) розрахуйте, яку масу естеру можна одержати з 40 г пентанолу-3 та 50 г оцтової кислоти.

18. а) при спалюванні 252 г одноатомного насиченого спирту отримали 693 г CO_2 . Яка формула цього спирту?

б) після тривалого стояння у нещільно закритій посудині валеріанового альдегіду маса речовини збільшилася на 3%. Що відбувається з речовиною? Запишіть реакцію. Розрахуйте, скільки % альдегіду залишилося у суміші.

в) розрахуйте, яку масу естеру можна одержати з 25 г етанолу та 40 г ізомасляної кислоти.

19. а) при спалюванні 40 г одноатомного насиченого спирту отримали 55 г CO_2 . Яка формула цього спирту?

б) після тривалого стояння у нещільно закритій посудині ізомасляного альдегіду маса речовини збільшилася на 3%. Що відбувається з речовиною? Запишіть реакцію. Розрахуйте, скільки % альдегіду залишилося у суміші.

в) розрахуйте, яку масу естеру можна одержати з 15 г пропанолу-2 та 40 г оцтової кислоти.

20. а) при спалюванні 57,5 г одноатомного насиченого спирту отримали 110 г CO_2 . Яка формула цього спирту?

б) після тривалого стояння у нещільно закритій посудині ізовалеріанового альдегіду маса речовини збільшилася на 3%. Що відбувається з речовиною? Запишіть реакцію. Розрахуйте, скільки % альдегіду залишилося у суміші.

в) розрахуйте, яку масу діестеру можна одержати з 30 г етанолу та 40 г етандіової (щавелевої) кислоти.

21. а) при спалюванні 75 г одноатомного насиченого спирту отримали 165 г CO_2 . Яка формула цього спирту?

б) після тривалого стояння у нещільно закритій посудині капронового альдегіду маса речовини збільшилася на 3%. Що відбувається з речовиною? Запишіть реакцію. Розрахуйте, скільки % альдегіду залишилося у суміші.

в) розрахуйте, яку масу естеру можна одержати з 40 г пентанолу-3 та 25 г оцтової кислоти.

22. а) при спалюванні 92,5 г одноатомного насиченого спирту отримали 220 г CO_2 . Яка формула цього спирту?

б) після тривалого стояння у нещільно закритій посудині оцтового альдегіду маса речовини збільшилася на 2%. Що відбувається з речовиною? Запишіть реакцію. Розрахуйте, скільки % альдегіду залишилося у суміші.

в) розрахуйте, яку масу естеру можна одержати з 40 г бутанолу-2 та 30 г оцтової кислоти.

23. а) при спалюванні 110 г одноатомного насиченого спирту отримали 275 г CO_2 . Яка формула цього спирту?

б) після тривалого стояння у нещільно закритій посудині пропіонового альдегіду маса речовини збільшилася на 2%. Що відбувається з речовиною? Запишіть реакцію. Розрахуйте, скільки % альдегіду залишилося у суміші.

в) розрахуйте, яку масу естеру можна одержати з 40 г ізобутанолу та 15 г оцтової кислоти.

24. а) при спалюванні 127,5 г одноатомного насиченого спирту отримали 330 г CO_2 . Яка формула цього спирту?

б) після тривалого стояння у нещільно закритій посудині масляного альдегіду маса речовини збільшилася на 2%. Що відбувається з речовиною? Запишіть реакцію. Розрахуйте, скільки % альдегіду залишилося у суміші.

в) розрахуйте, яку масу естеру можна одержати з 35 г пропанолу-2 та 55 г оцтової кислоти.

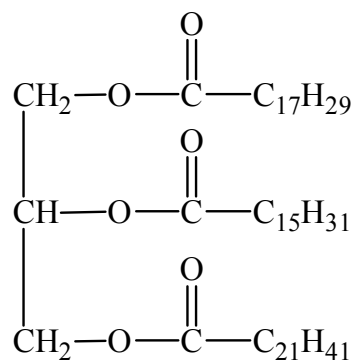
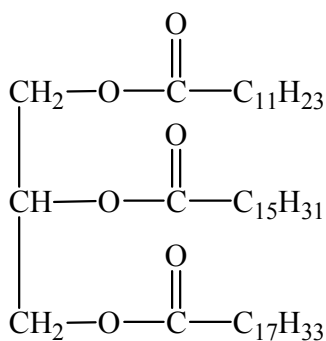
25. а) при спалюванні 32 г одноатомного насиченого спирту отримали 44 г CO_2 . Яка формула цього спирту?

б) після тривалого стояння у нещільно закритій посудині валеріанового альдегіду маса речовини збільшилася на 2%. Що відбувається з речовиною? Запишіть реакцію. Розрахуйте, скільки % альдегіду залишилося у суміші.

в) розрахуйте, яку масу дієстеру можна одержати з 30 г етанолу та 30 г етандіової (щавелевої) кислоти.

Виконати завдання № 11

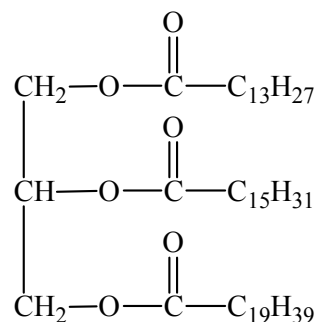
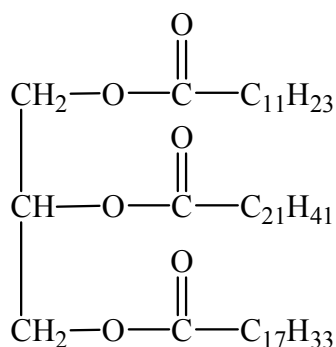
1. Напишіть реакцію гідролізу сполук:



Які назви мають жирні кислоти, що утворюються в результаті гідролізу? У яких природних жирах вони зустрічаються? Яким жиром – твердим або рідким – є, на вашу думку, наведена сполука? Наведіть аргументи.

Зразок рідкого жиру (з двох наведених сполук) повністю прогідрували. Який об'єм водню (н.у.) витратили, якщо одержали 1 кг продукту?

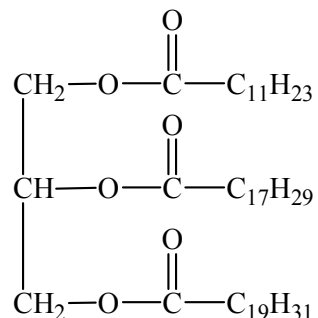
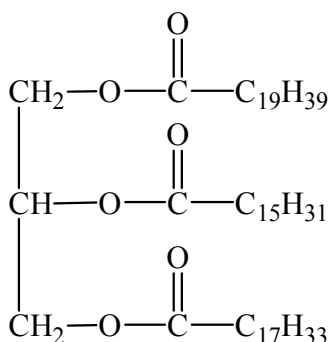
2. Напишіть реакцію гідролізу сполуки:



Які назви мають жирні кислоти, що утворюються в результаті гідролізу? У яких природних жирах вони зустрічаються? Яким жиром – твердим або рідким – є, на вашу думку, наведена сполука? Наведіть аргументи.

Зразок рідкого жиру (з двох наведених сполук) повністю прогідрували. Який об'єм водню (н.у.) витратили, якщо одержали 2 кг продукту?

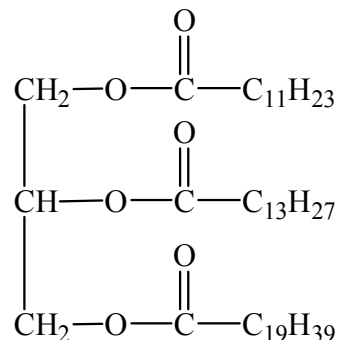
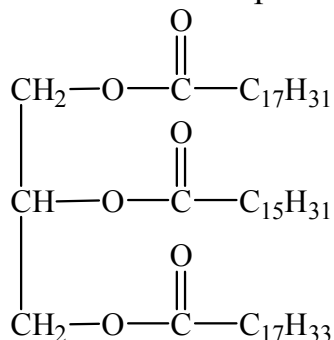
3. Напишіть реакцію гідролізу сполуки:



Які назви мають жирні кислоти, що утворюються в результаті гідролізу? У яких природних жирах вони зустрічаються? Яким жиром – твердим або рідким – є, на вашу думку, наведена сполука? Наведіть аргументи.

Зразок рідкого жиру (з двох наведених сполук) повністю прогідрували. Який об'єм водню (н.у.) витратили, якщо одержали 0,5 кг продукту?

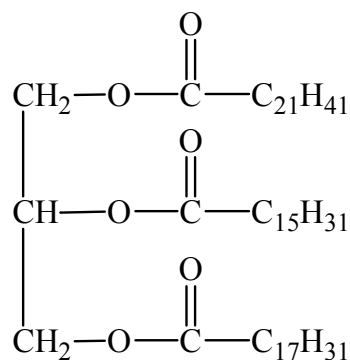
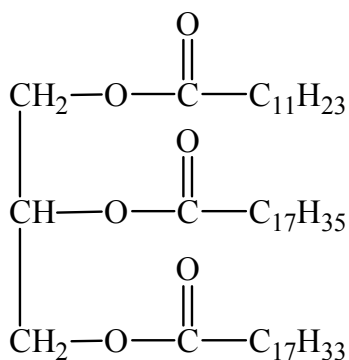
4. Напишіть реакцію гідролізу сполуки:



Які назви мають жирні кислоти, що утворюються в результаті гідролізу? У яких природних жирах вони зустрічаються? Яким жиром – твердим або рідким – є, на вашу думку, наведена сполука? Наведіть аргументи.

Зразок рідкого жиру (з двох наведених сполук) повністю прогідрували. Який об'єм водню (н.у.) витратили, якщо одержали 0,2 кг продукту?

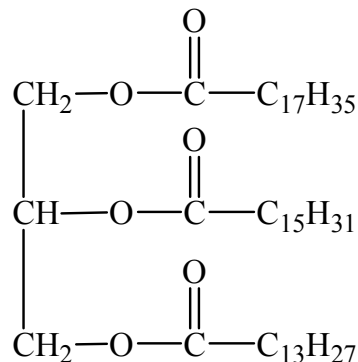
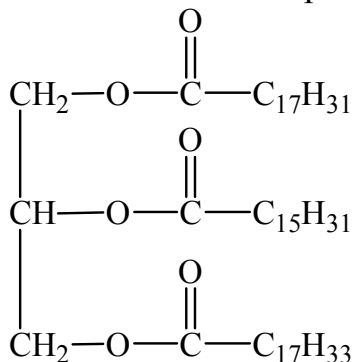
4. Напишіть реакцію гідролізу сполуки:



Які назви мають жирні кислоти, що утворюються в результаті гідролізу? У яких природних жирах вони зустрічаються? Яким жиром – твердим або рідким – є, на вашу думку, наведена сполука? Наведіть аргументи.

Зразок рідкого жиру (з двох наведених сполук) повністю прогідрували. Який об'єм водню (н.у.) витратили, якщо одержали 1,5 кг продукту?

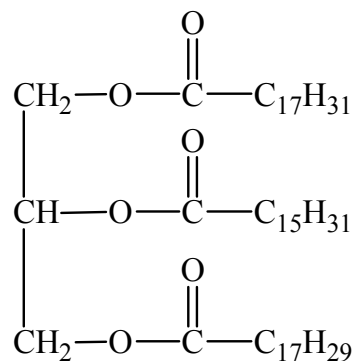
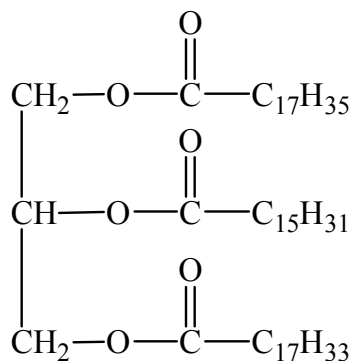
6. Напишіть реакцію гідролізу сполуки:



Які назви мають жирні кислоти, що утворюються в результаті гідролізу? У яких природних жирах вони зустрічаються? Яким жиром – твердим або рідким – є, на вашу думку, наведена сполука? Наведіть аргументи.

Зразок рідкого жиру (з двох наведених сполук) повністю прогідрували. Який об'єм водню (н.у.) витратили, якщо одержали 0,75 кг продукту?

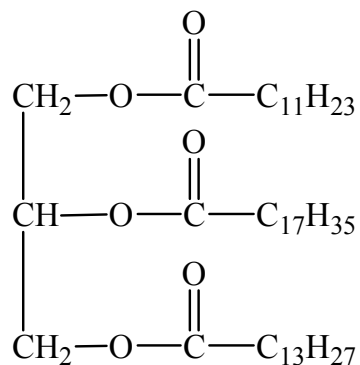
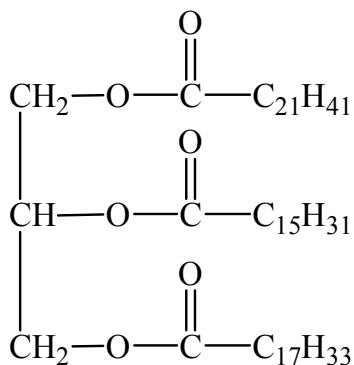
7. Напишіть реакцію гідролізу сполуки:



Які назви мають жирні кислоти, що утворюються в результаті гідролізу? У яких природних жирах вони зустрічаються? Яким жиром – твердим або рідким – є, на вашу думку, наведена сполука? Наведіть аргументи.

Зразок рідкого жиру (з двох наведених сполук) повністю прогідрували. Який об'єм водню (н.у.) витратили, якщо одержали 1,25 кг продукту?

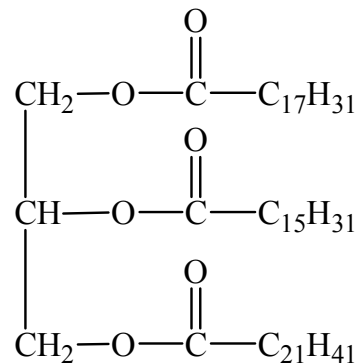
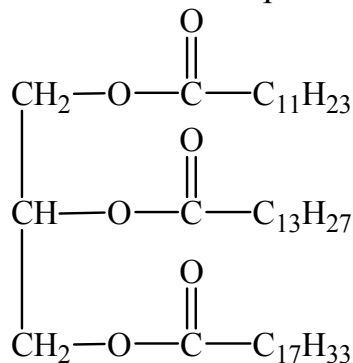
8. Напишіть реакцію гідролізу сполуки:



Які назви мають жирні кислоти, що утворюються в результаті гідролізу? У яких природних жирах вони зустрічаються? Яким жиром – твердим або рідким – є, на вашу думку, наведена сполука? Наведіть аргументи.

Зразок рідкого жиру (з двох наведених сполук) повністю прогідрували. Який об'єм водню (н.у.) витратили, якщо одержали 0,3 кг продукту?

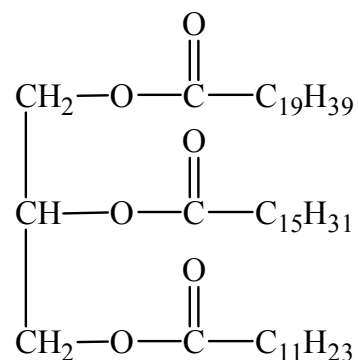
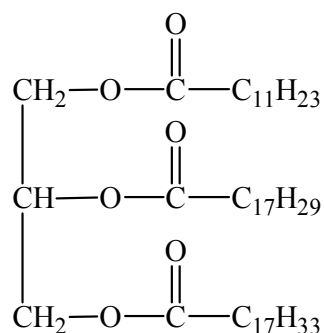
9. Напишіть реакцію гідролізу сполуки:



Які назви мають жирні кислоти, що утворюються в результаті гідролізу? У яких природних жирах вони зустрічаються? Яким жиром – твердим або рідким – є, на вашу думку, наведена сполука? Наведіть аргументи.

Зразок рідкого жиру (з двох наведених сполук) повністю прогідрували. Який об'єм водню (н.у.) витратили, якщо одержали 3 кг продукту?

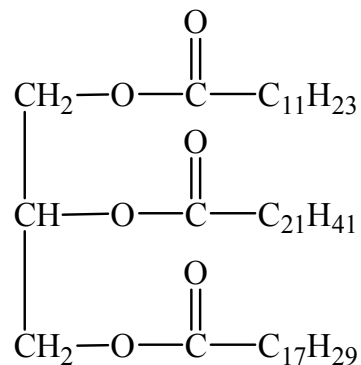
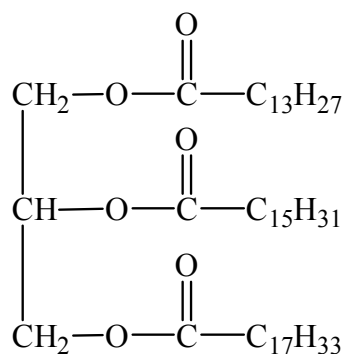
10. Напишіть реакцію гідролізу сполуки:



Які назви мають жирні кислоти, що утворюються в результаті гідролізу? У яких природних жирах вони зустрічаються? Яким жиром – твердим або рідким – є, на вашу думку, наведена сполука? Наведіть аргументи.

Зразок рідкого жиру (з двох наведених сполук) повністю прогідрували. Який об'єм водню (н.у.) витратили, якщо одержали 0,6 кг продукту?

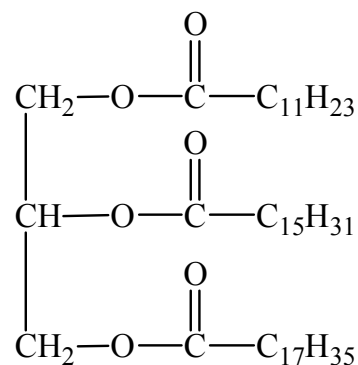
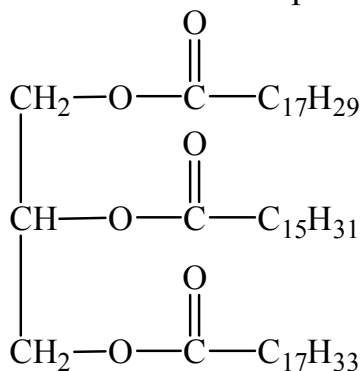
11. Напишіть реакцію гідролізу сполуки:



Які назви мають жирні кислоти, що утворюються в результаті гідролізу? У яких природних жирах вони зустрічаються? Яким жиром – твердим або рідким – є, на вашу думку, наведена сполука? Наведіть аргументи.

Зразок рідкого жиру (з двох наведених сполук) повністю прогідрували. Який об'єм водню (н.у.) витратили, якщо одержали 0,8 кг продукту?

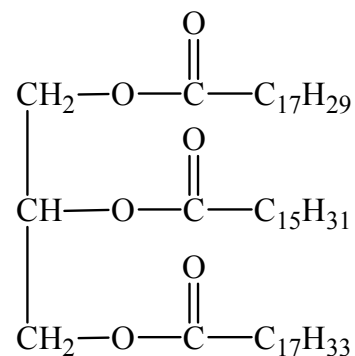
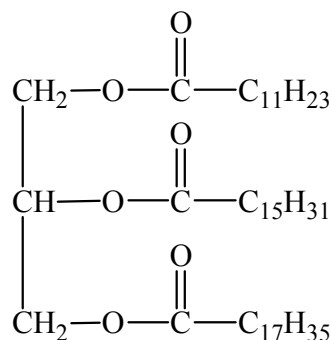
12. Напишіть реакцію гідролізу сполуки:



Які назви мають жирні кислоти, що утворюються в результаті гідролізу? У яких природних жирах вони зустрічаються? Яким жиром – твердим або рідким – є, на вашу думку, наведена сполука? Наведіть аргументи.

Зразок рідкого жиру (з двох наведених сполук) повністю прогідрували. Який об'єм водню (н.у.) витратили, якщо одержали 1,6 кг продукту?

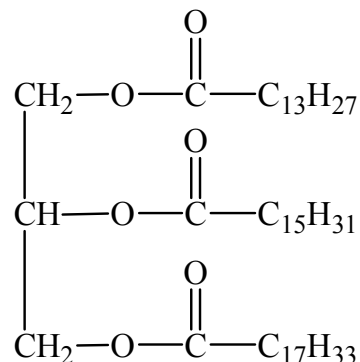
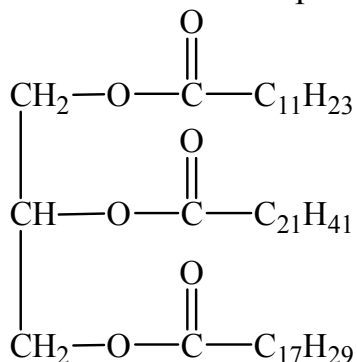
13. Напишіть реакцію гідролізу сполуки:



Які назви мають жирні кислоти, що утворюються в результаті гідролізу? У яких природних жирах вони зустрічаються? Яким жиром – твердим або рідким – є, на вашу думку, наведена сполука? Наведіть аргументи.

Зразок рідкого жиру (з двох наведених сполук) повністю прогідрували. Який об'єм водню (н.у.) витратили, якщо одержали 0,1 кг продукту?

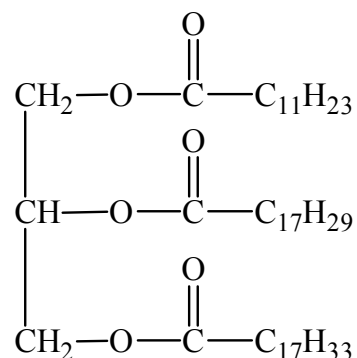
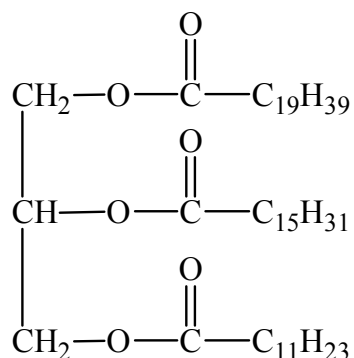
14. Напишіть реакцію гідролізу сполуки:



Які назви мають жирні кислоти, що утворюються в результаті гідролізу? У яких природних жирах вони зустрічаються? Яким жиром – твердим або рідким – є, на вашу думку, наведена сполука? Наведіть аргументи.

Зразок рідкого жиру (з двох наведених сполук) повністю прогідрували. Який об'єм водню (н.у.) витратили, якщо одержали 0,15 кг продукту?

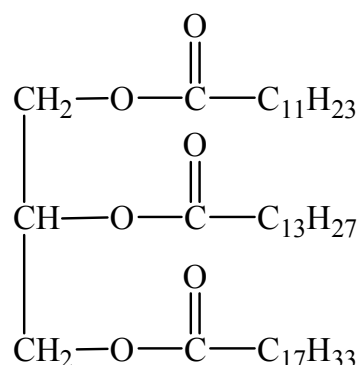
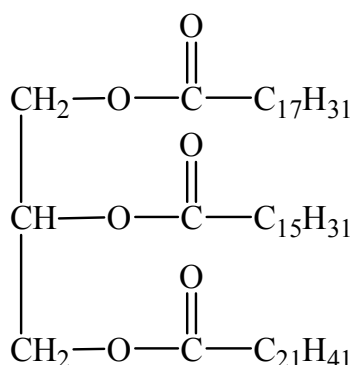
15. Напишіть реакцію гідролізу сполуки:



Які назви мають жирні кислоти, що утворюються в результаті гідролізу? У яких природних жирах вони зустрічаються? Яким жиром – твердим або рідким – є, на вашу думку, наведена сполука? Наведіть аргументи.

Зразок рідкого жиру (з двох наведених сполук) повністю прогідрували. Який об'єм водню (н.у.) витратили, якщо одержали 2,5 кг продукту?

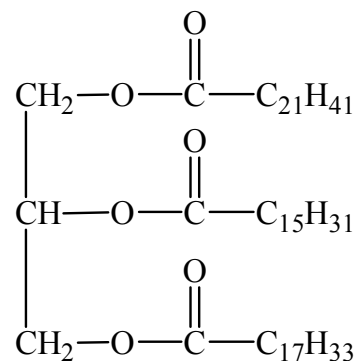
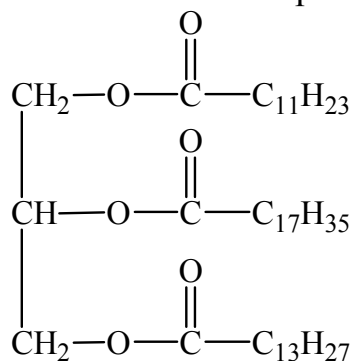
16. Напишіть реакцію гідролізу сполуки:



Які назви мають жирні кислоти, що утворюються в результаті гідролізу? У яких природних жирах вони зустрічаються? Яким жиром – твердим або рідким – є, на вашу думку, наведена сполука? Наведіть аргументи.

Зразок рідкого жиру (з двох наведених сполук) повністю прогідрували. Який об'єм водню (н.у.) витратили, якщо одержали 0,45 кг продукту?

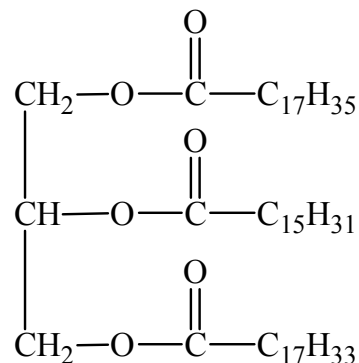
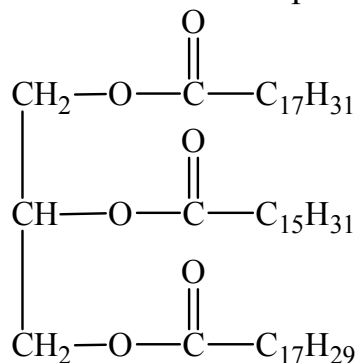
17. Напишіть реакцію гідролізу сполуки:



Які назви мають жирні кислоти, що утворюються в результаті гідролізу? У яких природних жирах вони зустрічаються? Яким жиром – твердим або рідким – є, на вашу думку, наведена сполука? Наведіть аргументи.

Зразок рідкого жиру (з двох наведених сполук) повністю прогідрували. Який об'єм водню (н.у.) витратили, якщо одержали 0,75 кг продукту?

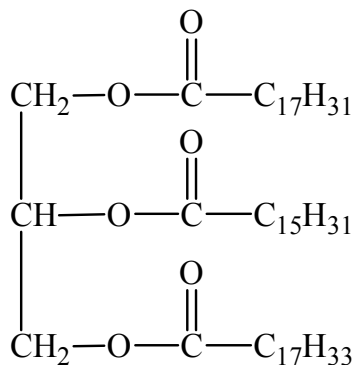
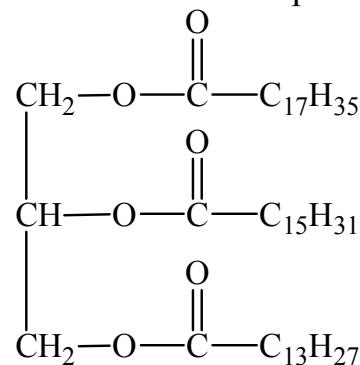
18. Напишіть реакцію гідролізу сполуки:



Які назви мають жирні кислоти, що утворюються в результаті гідролізу? У яких природних жирах вони зустрічаються? Яким жиром – твердим або рідким – є, на вашу думку, наведена сполука? Наведіть аргументи.

Зразок рідкого жиру (з двох наведених сполук) повністю прогідрували. Який об'єм водню (н.у.) витратили, якщо одержали 5 кг продукту?

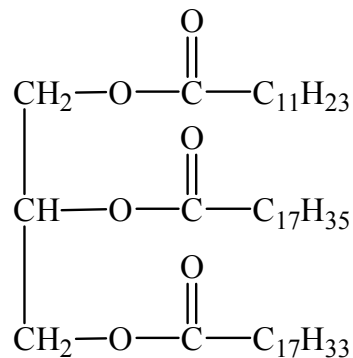
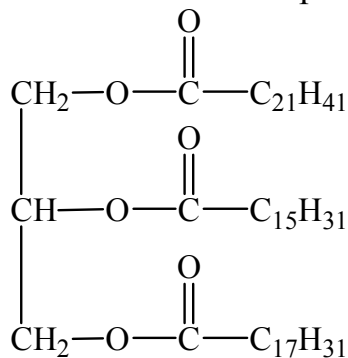
19. Напишіть реакцію гідролізу сполуки:



Які назви мають жирні кислоти, що утворюються в результаті гідролізу? У яких природних жирах вони зустрічаються? Яким жиром – твердим або рідким – є, на вашу думку, наведена сполука? Наведіть аргументи.

Зразок рідкого жиру (з двох наведених сполук) повністю прогідрували. Який об'єм водню (н.у.) витратили, якщо одержали 0,25 кг продукту?

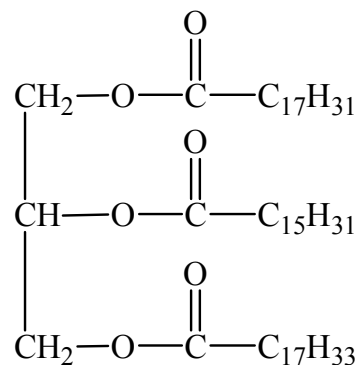
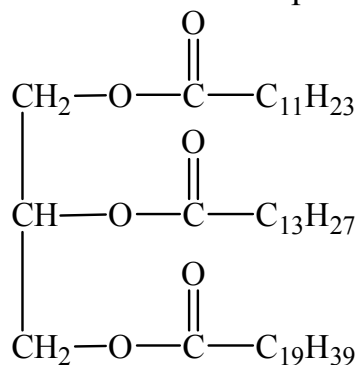
20. Напишіть реакцію гідролізу сполуки:



Які назви мають жирні кислоти, що утворюються в результаті гідролізу? У яких природних жирах вони зустрічаються? Яким жиром – твердим або рідким – є, на вашу думку, наведена сполука? Наведіть аргументи.

Зразок рідкого жиру (з двох наведених сполук) повністю прогідрували. Який об'єм водню (н.у.) витратили, якщо одержали 1,8 кг продукту?

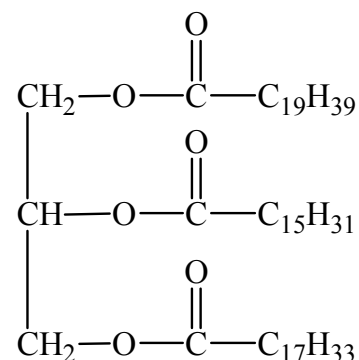
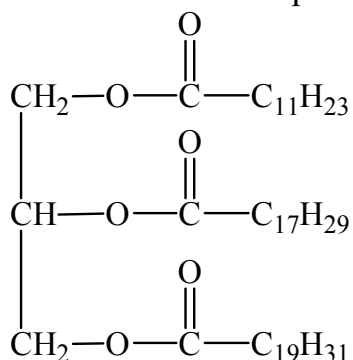
21. Напишіть реакцію гідролізу сполуки:



Які назви мають жирні кислоти, що утворюються в результаті гідролізу? У яких природних жирах вони зустрічаються? Яким жиром – твердим або рідким – є, на вашу думку, наведена сполука? Наведіть аргументи.

Зразок рідкого жиру (з двох наведених сполук) повністю прогідрували. Який об'єм водню (н.у.) витратили, якщо одержали 4,5 кг продукту?

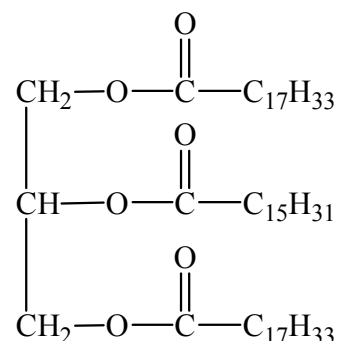
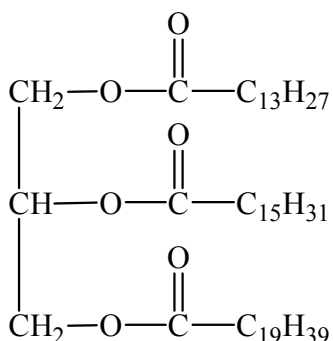
22. Напишіть реакцію гідролізу сполуки:



Які назви мають жирні кислоти, що утворюються в результаті гідролізу? У яких природних жирах вони зустрічаються? Яким жиром – твердим або рідким – є, на вашу думку, наведена сполука? Наведіть аргументи.

Зразок рідкого жиру (з двох наведених сполук) повністю прогідрували. Який об'єм водню (н.у.) витратили, якщо одержали 1,45 кг продукту?

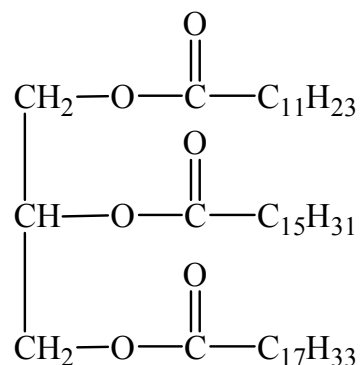
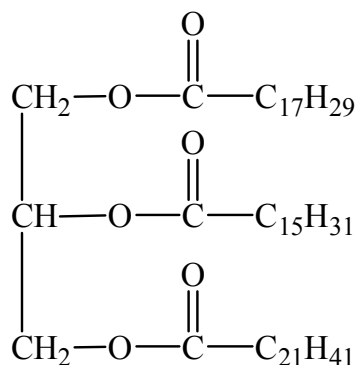
23. Напишіть реакцію гідролізу сполуки:



Які назви мають жирні кислоти, що утворюються в результаті гідролізу? У яких природних жирах вони зустрічаються? Яким жиром – твердим або рідким – є, на вашу думку, наведена сполука? Наведіть аргументи.

Зразок рідкого жиру (з двох наведених сполук) повністю прогідрували. Який об'єм водню (н.у.) витратили, якщо одержали 1,05 кг продукту?

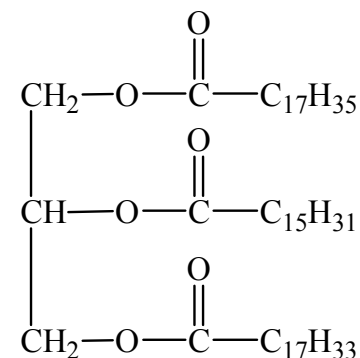
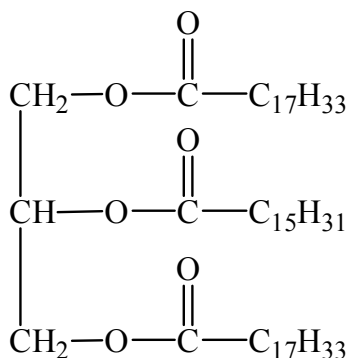
24. Напишіть реакцію гідролізу сполуки:



Які назви мають жирні кислоти, що утворюються в результаті гідролізу? У яких природних жирах вони зустрічаються? Яким жиром – твердим або рідким – є, на вашу думку, наведена сполука? Наведіть аргументи.

Зразок рідкого жиру (з двох наведених сполук) повністю прогідрували. Який об'єм водню (н.у.) витратили, якщо одержали 6 кг продукту?

25. Напишіть реакцію гідролізу сполуки:



Які назви мають жирні кислоти, що утворюються в результаті гідролізу? У яких природних жирах вони зустрічаються? Яким жиром – твердим або рідким – є, на вашу думку, наведена сполука? Наведіть аргументи.

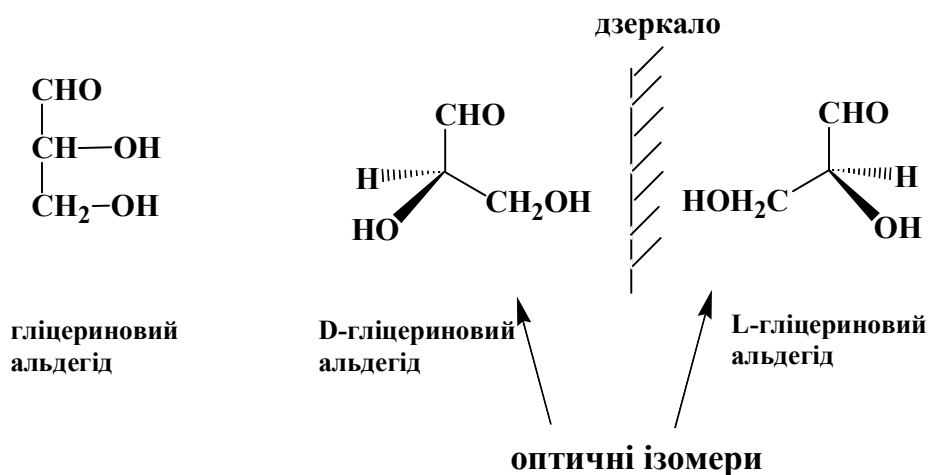
Зразок рідкого жиру (з двох наведених сполук) повністю прогідрували. Який об'єм водню (н.у.) витратили, якщо одержали 4 кг продукту?

Завдання 12

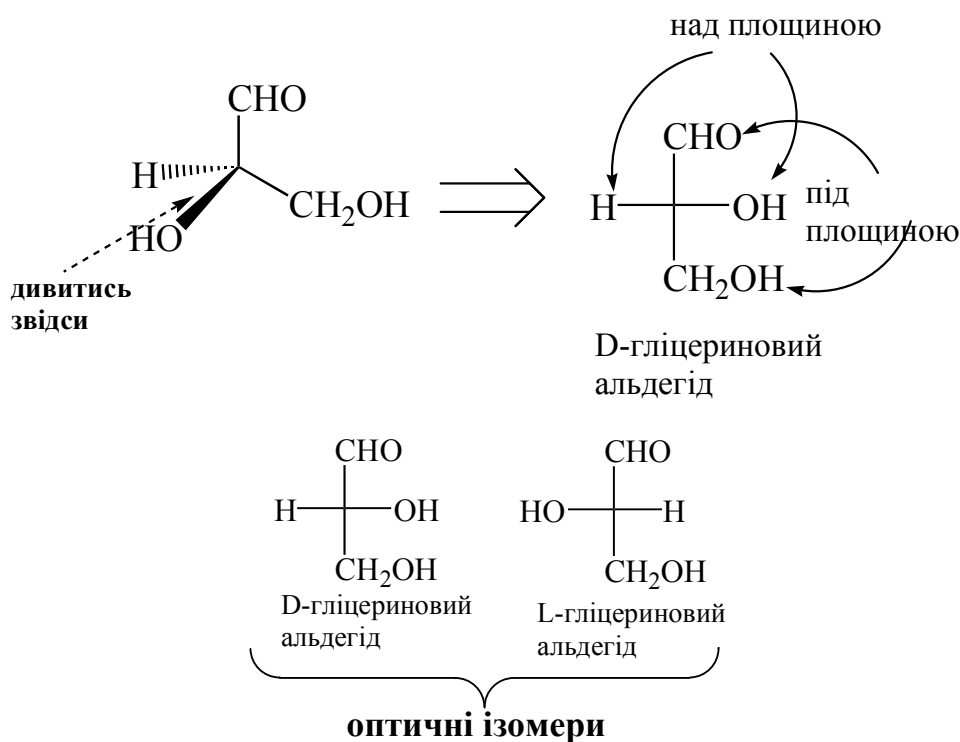
Вуглеводи

Перед виконанням наступних завдань слід згадати будову атома Карбону та розглянути наступний матеріал.

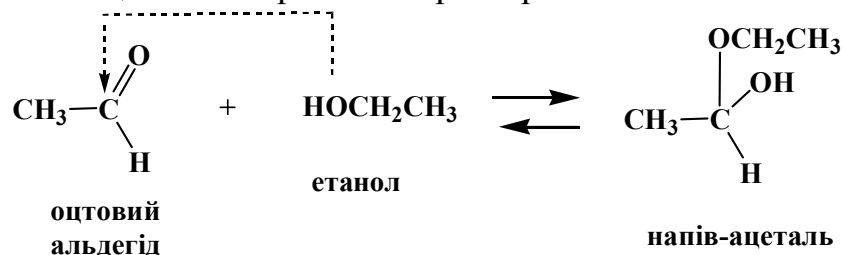
1. Гліцериновий альдегід існує у вигляді двох оптичних ізомерів, які розрізняються між собою взаємною орієнтацією замісників при центральному атомі Карбону:



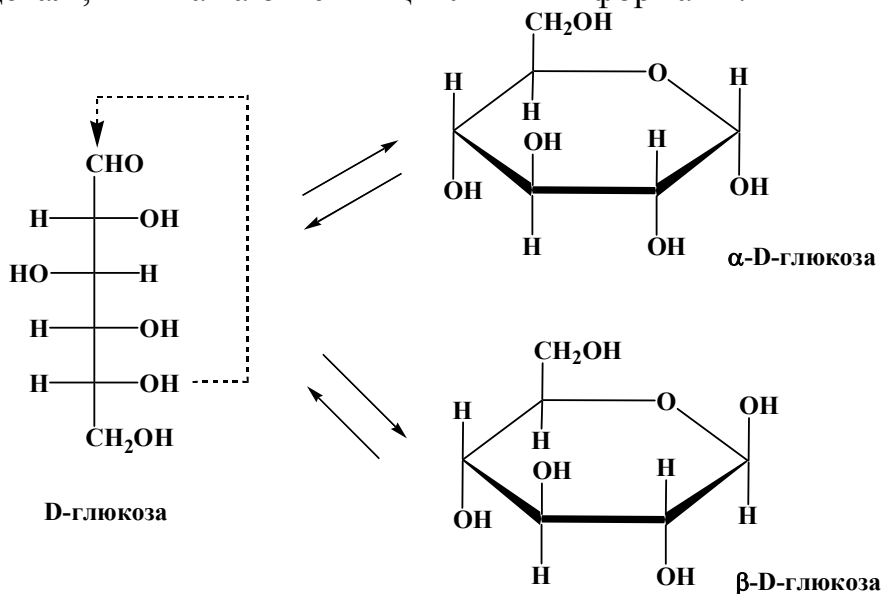
Оптичними ізомерами вважаються сполуки, молекули яких є дзеркальним відображенням один одного, але при цьому не є ідентичними. Таке можливо, коли при атомі Карбону є чотири **різних** замісники (як на схемі вище). Для зображення оптичних ізомерів іноді використовують спеціальні проекції:



2. Спирти вступають з альдегідами у реакцію приєднання з утворенням напів-ацеталів. Реакція має зворотний характер:

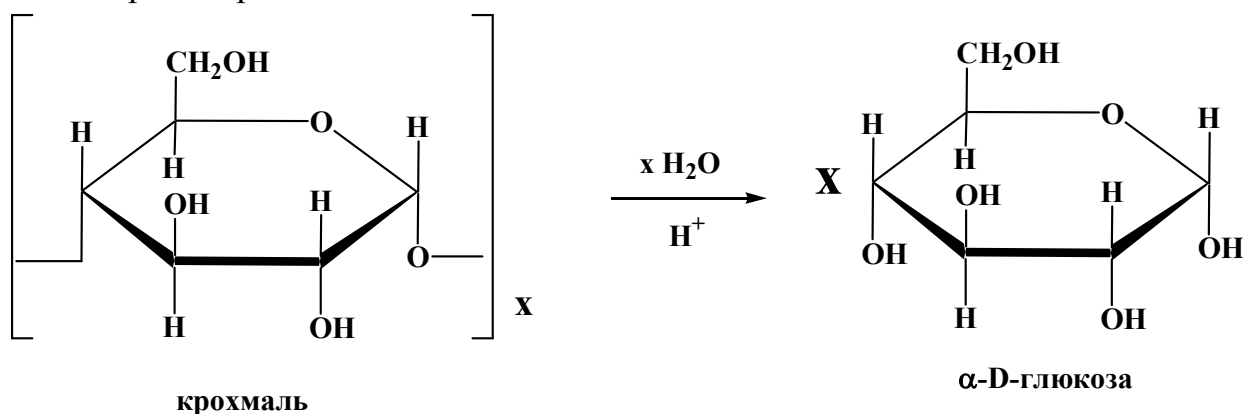


Більшість природних вуглеводів (у тому числі D-глюкоза) – альдегідо-спирти (тобто містять альдегідну і спиртову групи) і здатні утворювати внутрішні напів-ацеталі, які вважаються їх циклічними формами:

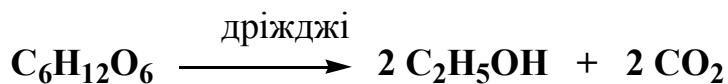


Приклад 1. Записати схематично процеси: гідроліз крохмалю і спиртове бродіння глюкози.

Гідроліз крохмалю:



Спиртове бродіння глюкози:

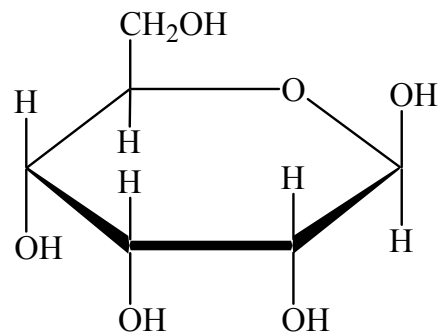
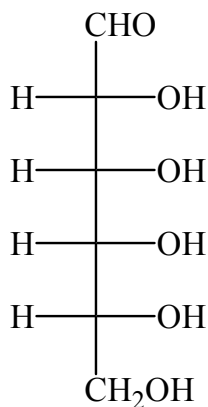


Виконати завдання №12

1. а) Для наведеної нижче ланцюгової форми цукру навести циклічні форми.

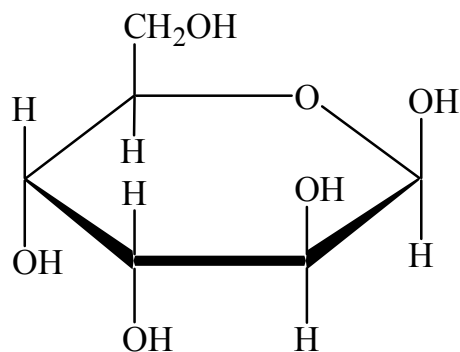
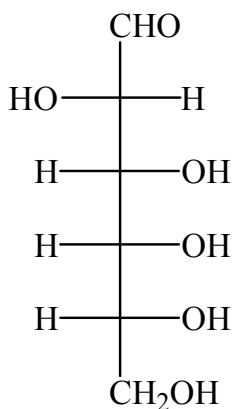
б) Для наведеної нижче циклічної форми цукру записати реакцію окиснення аміачним розчином оксиду срібла.

в) Яку масу кукурудзяних зерен необхідно використати для одержання спирту масою 10 кг з масовою часткою етанолу 96%, якщо вихід спирту складає 80%? Масова частка крохмалю в кукурудзяних зернах складає 70%.



2. а) Для наведеної нижче ланцюгової форми цукру навести циклічні форми.

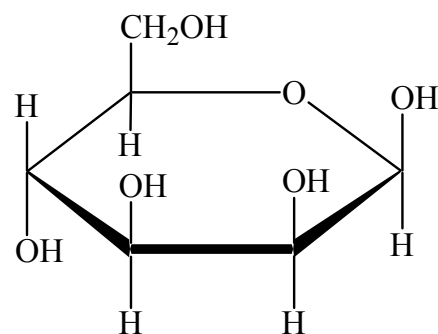
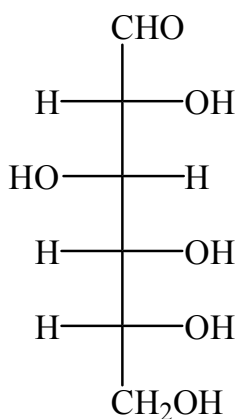
б) Для наведеної нижче циклічної форми цукру записати реакцію окиснення аміачним розчином оксиду срібла.



в) Яку масу кукурудзяних зерен необхідно використати для одержання спирту масою 11 кг з масовою часткою етанолу 96%, якщо вихід спирту складає 80%? Масова частка крохмалю в кукурудзяних зернах складає 70%.

3. а) Для наведеної нижче ланцюгової форми цукру навести циклічні форми.

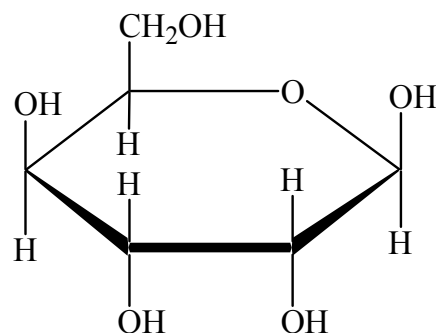
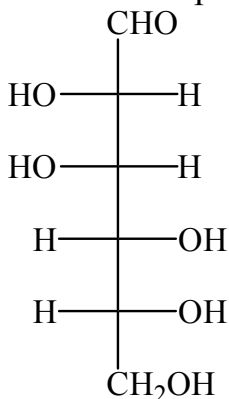
б) Для наведеної нижче циклічної форми цукру записати реакцію окиснення аміачним розчином оксиду срібла.



в) Яку масу кукурудзяних зерен необхідно використати для одержання спирту масою 12 кг з масовою часткою етанолу 96%, якщо вихід спирту складає 80%? Масова частка крохмалю в кукурудзяних зернах складає 70%.

4. а) Для наведеної нижче ланцюгової форми цукру навести циклічні форми.

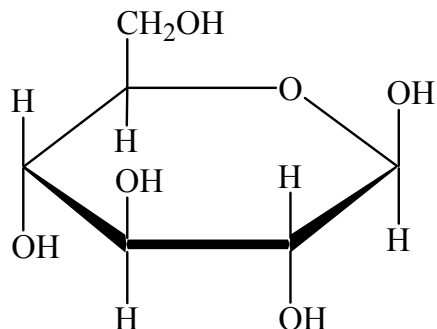
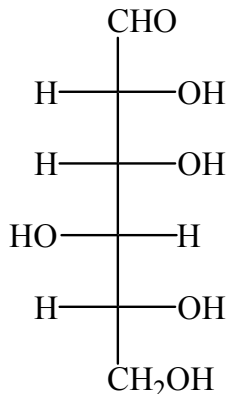
б) Для наведеної нижче циклічної форми цукру записати реакцію окиснення аміачним розчином оксиду срібла.



в) Яку масу кукурудзяних зерен необхідно використати для одержання спирту масою 13 кг з масовою часткою етанолу 96%, якщо вихід спирту складає 80%? Масова частка крохмалю в кукурудзяних зернах складає 70%.

5. а) Для наведеної нижче ланцюгової форми цукру навести циклічні форми.

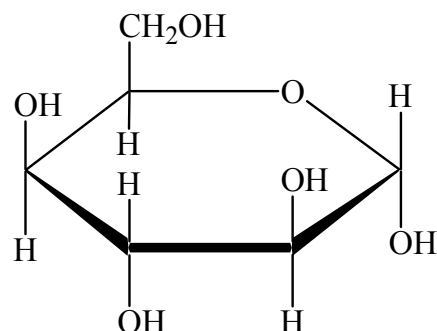
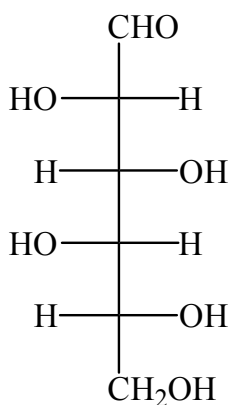
б) Для наведеної нижче циклічної форми цукру записати реакцію окиснення аміачним розчином оксиду срібла.



в) Яку масу кукурудзяних зерен необхідно використати для одержання спирту масою 14 кг з масовою часткою етанолу 96%, якщо вихід спирту складає 80%? Масова частка крохмалю в кукурудзяних зернах складає 70%.

6. а) Для наведеної нижче ланцюгової форми цукру навести циклічні форми.

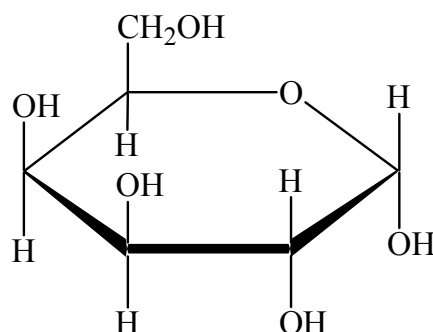
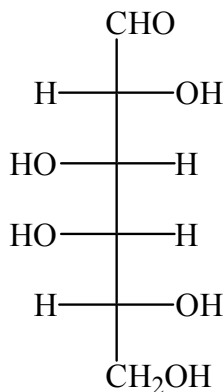
б) Для наведеної нижче циклічної форми цукру записати реакцію окиснення аміачним розчином оксиду срібла.



в) Яку масу кукурудзяних зерен необхідно використати для одержання спирту масою 15 кг з масовою часткою етанолу 96%, якщо вихід спирту складає 75%? Масова частка крохмалю в кукурудзяних зернах складає 70%.

7. а) Для наведеної нижче ланцюгової форми цукру навести циклічні форми.

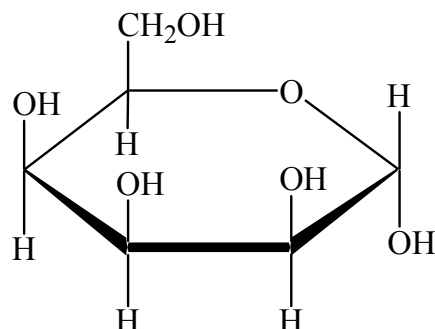
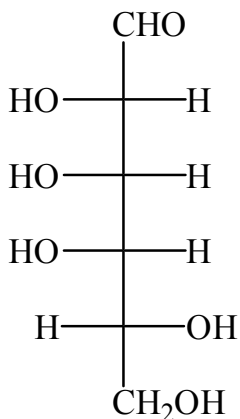
б) Для наведеної нижче циклічної форми цукру записати реакцію окиснення аміачним розчином оксиду срібла.



в) Яку масу кукурудзяних зерен необхідно використати для одержання спирту масою 16 кг з масовою часткою етанолу 96%, якщо вихід спирту складає 75%? Масова частка крохмалю в кукурудзяних зернах складає 70%.

8. а) Для наведеної нижче ланцюгової форми цукру навести циклічні форми.

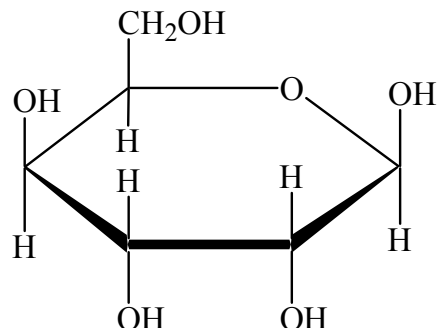
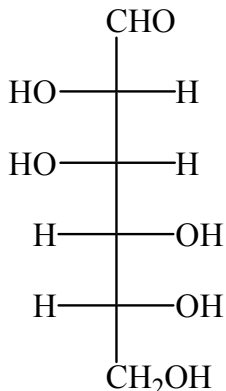
б) Для наведеної нижче циклічної форми цукру записати реакцію окиснення аміачним розчином оксиду срібла.



в) Яку масу кукурудзяних зерен необхідно використати для одержання спирту масою 17 кг з масовою часткою етанолу 96%, якщо вихід спирту складає 75%? Масова частка крохмалю в кукурудзяних зернах складає 70%.

9. а) Для наведеної нижче ланцюгової форми цукру навести циклічні форми.

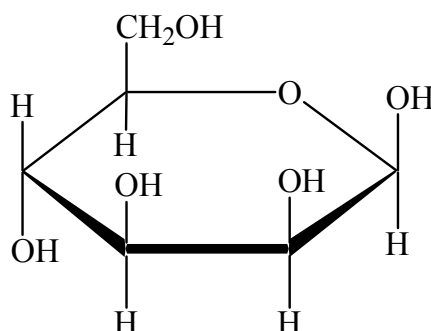
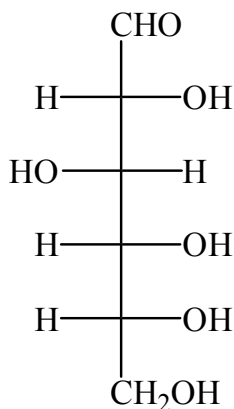
б) Для наведеної нижче циклічної форми цукру записати реакцію окиснення аміачним розчином оксиду срібла.



в) Яку масу кукурудзяних зерен необхідно використати для одержання спирту масою 18 кг з масовою часткою етанолу 96%, якщо вихід спирту складає 75%? Масова частка крохмалю в кукурудзяних зернах складає 70%.

10. а) Для наведеної нижче ланцюгової форми цукру навести циклічні форми.

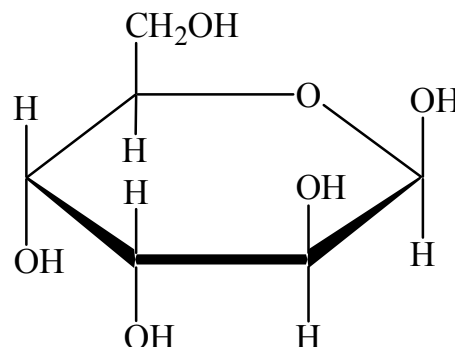
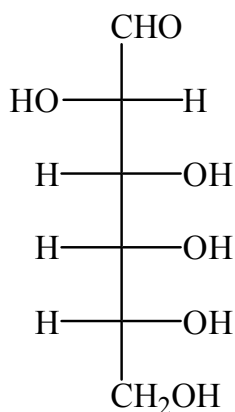
б) Для наведеної нижче циклічної форми цукру записати реакцію окиснення аміачним розчином оксиду срібла.



в) Яку масу кукурудзяних зерен необхідно використати для одержання спирту масою 19 кг з масовою часткою етанолу 96%, якщо вихід спирту складає 75%? Масова частка крохмалю в кукурудзяних зернах складає 70%.

11. а) Для наведеної нижче ланцюгової форми цукру навести циклічні форми.

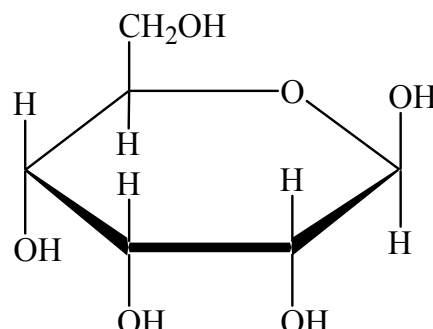
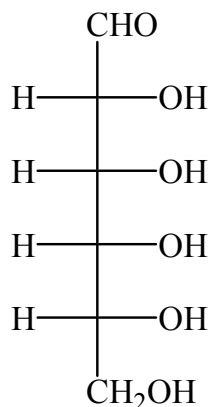
б) Для наведеної нижче циклічної форми цукру записати реакцію окиснення аміачним розчином оксиду срібла.



в) Яку масу кукурудзяних зерен необхідно використати для одержання спирту масою 20 кг з масовою часткою етанолу 96%, якщо вихід спирту складає 70%? Масова частка крохмалю в кукурудзяних зернах складає 70%.

12. а) Для наведеної нижче ланцюгової форми цукру навести циклічні форми.

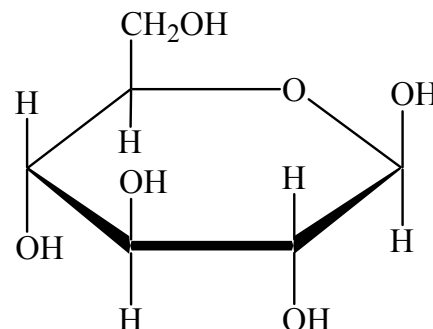
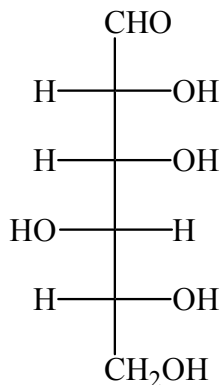
б) Для наведеної нижче циклічної форми цукру записати реакцію окиснення аміачним розчином оксиду срібла.



в) Яку масу кукурудзяних зерен необхідно використати для одержання спирту масою 21 кг з масовою часткою етанолу 96%, якщо вихід спирту складає 70%? Масова частка крохмалю в кукурудзяних зернах складає 70%.

13. а) Для наведеної нижче ланцюгової форми цукру навести циклічні форми.

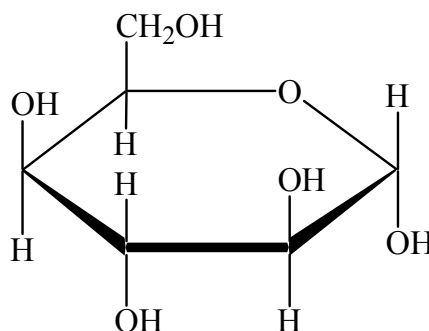
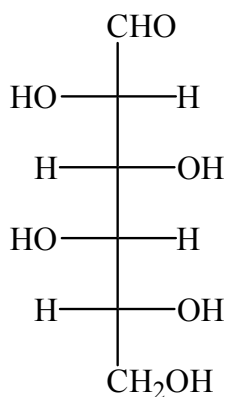
б) Для наведеної нижче циклічної форми цукру записати реакцію окиснення аміачним розчином оксиду срібла.



в) Яку масу кукурудзяних зерен необхідно використати для одержання спирту масою 22 кг з масовою часткою етанолу 96%, якщо вихід спирту складає 70%? Масова частка крохмалю в кукурудзяних зернах складає 70%.

14. а) Для наведеної нижче ланцюгової форми цукру навести циклічні форми.

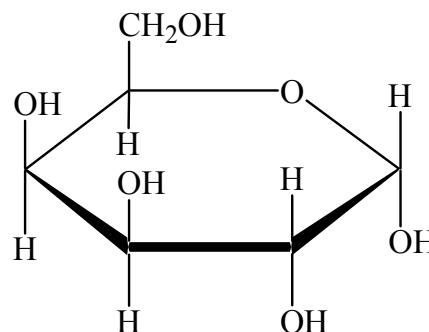
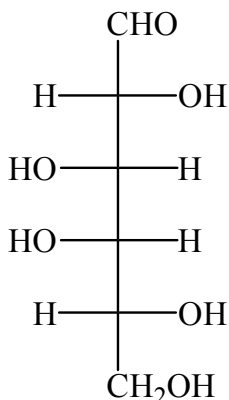
б) Для наведеної нижче циклічної форми цукру записати реакцію окиснення аміачним розчином оксиду срібла.



в) Яку масу кукурудзяних зерен необхідно використати для одержання спирту масою 23 кг з масовою часткою етанолу 96%, якщо вихід спирту складає 70%? Масова частка крохмалю в кукурудзяних зернах складає 70%.

15. а) Для наведеної нижче ланцюгової форми цукру навести циклічні форми.

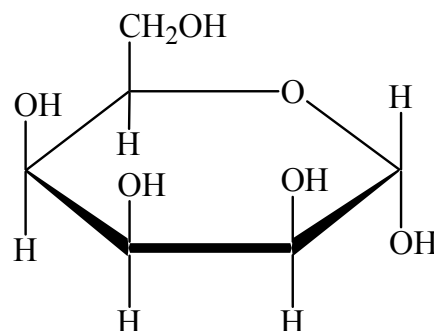
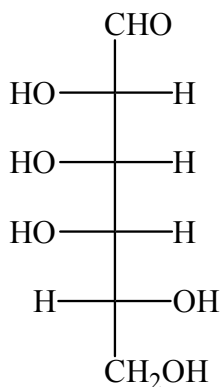
б) Для наведеної нижче циклічної форми цукру записати реакцію окиснення аміачним розчином оксиду срібла.



в) Яку масу кукурудзяних зерен необхідно використати для одержання спирту масою 24 кг з масовою часткою етанолу 96%, якщо вихід спирту складає 70%? Масова частка крохмалю в кукурудзяних зернах складає 70%.

16. а) Для наведеної нижче ланцюгової форми цукру навести циклічні форми.

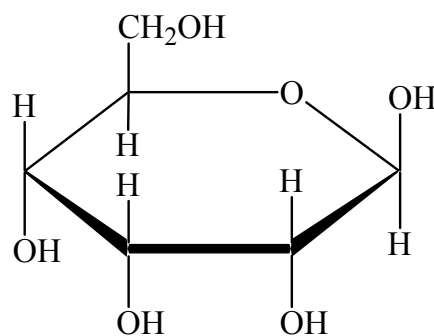
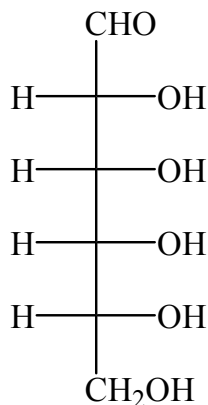
б) Для наведеної нижче циклічної форми цукру записати реакцію окиснення аміачним розчином оксиду срібла.



в) Яку масу кукурудзяних зерен необхідно використати для одержання спирту масою 25 кг з масовою часткою етанолу 96%, якщо вихід спирту складає 65%? Масова частка крохмалю в кукурудзяних зернах складає 70%.

17. а) Для наведеної нижче ланцюгової форми цукру навести циклічні форми.

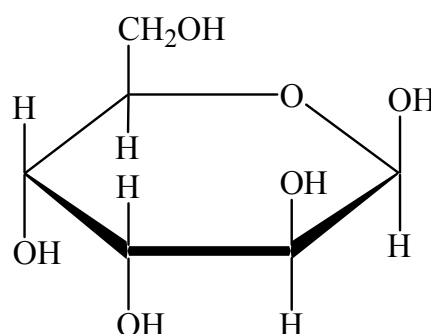
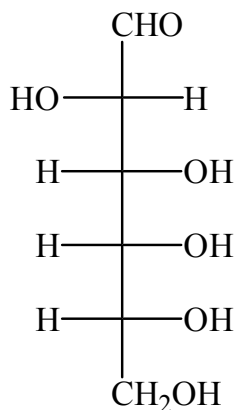
б) Для наведеної нижче циклічної форми цукру записати реакцію окиснення аміачним розчином оксиду срібла.



в) Яку масу кукурудзяних зерен необхідно використати для одержання спирту масою 26 кг з масовою часткою етанолу 96%, якщо вихід спирту складає 65%? Масова частка крохмалю в кукурудзяних зернах складає 70%.

18. а) Для наведеної нижче ланцюгової форми цукру навести циклічні форми.

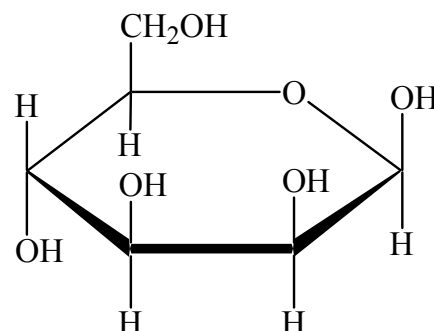
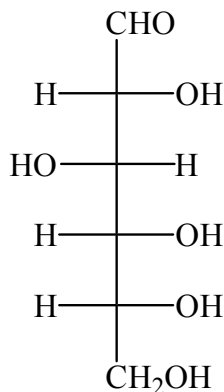
б) Для наведеної нижче циклічної форми цукру записати реакцію окиснення аміачним розчином оксиду срібла.



в) Яку масу кукурудзяних зерен необхідно використати для одержання спирту масою 27 кг з масовою часткою етанолу 96%, якщо вихід спирту складає 65%? Масова частка крохмалю в кукурудзяних зернах складає 70%.

19. а) Для наведеної нижче ланцюгової форми цукру навести циклічні форми.

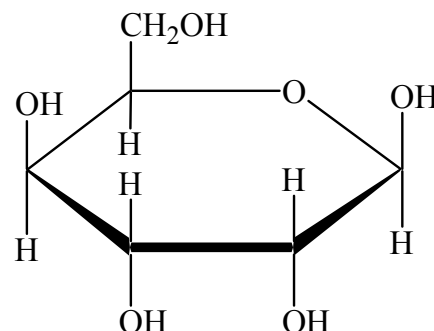
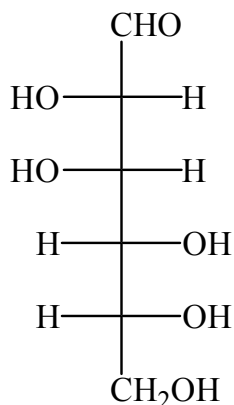
б) Для наведеної нижче циклічної форми цукру записати реакцію окиснення аміачним розчином оксиду срібла.



в) Яку масу кукурудзяних зерен необхідно використати для одержання спирту масою 28 кг з масовою часткою етанолу 96%, якщо вихід спирту складає 65%? Масова частка крохмалю в кукурудзяних зернах складає 70%.

20. а) Для наведеної нижче ланцюгової форми цукру навести циклічні форми.

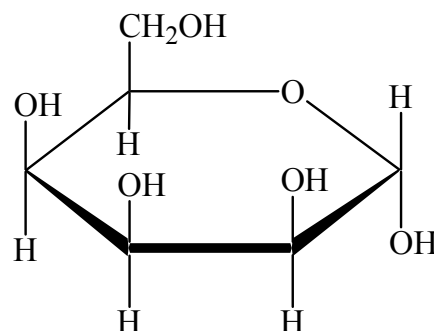
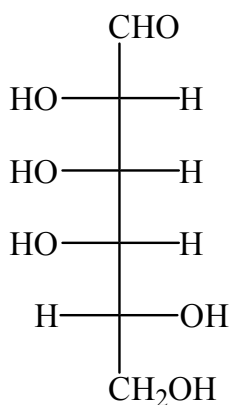
б) Для наведеної нижче циклічної форми цукру записати реакцію окиснення аміачним розчином оксиду срібла.



в) Яку масу кукурудзяних зерен необхідно використати для одержання спирту масою 29 кг з масовою часткою етанолу 96%, якщо вихід спирту складає 65%? Масова частка крохмалю в кукурудзяних зернах складає 70%.

21. а) Для наведеної нижче ланцюгової форми цукру навести циклічні форми.

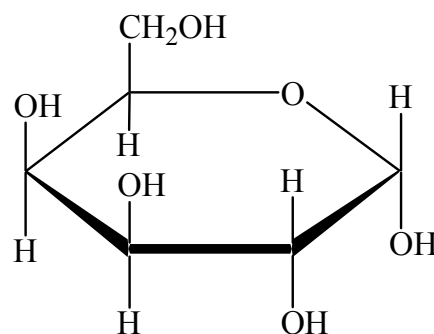
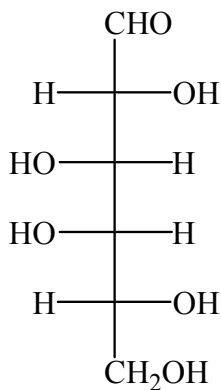
б) Для наведеної нижче циклічної форми цукру записати реакцію окиснення аміачним розчином оксиду срібла.



в) Яку масу кукурудзяних зерен необхідно використати для одержання спирту масою 30 кг з масовою часткою етанолу 96%, якщо вихід спирту складає 60%? Масова частка крохмалю в кукурудзяних зернах складає 70%.

22. а) Для наведеної нижче ланцюгової форми цукру навести циклічні форми.

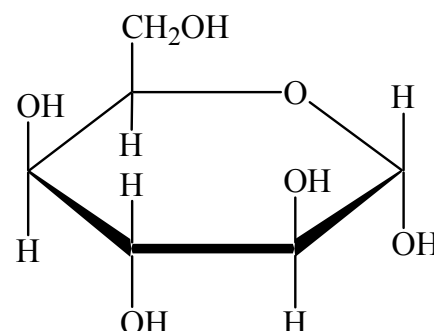
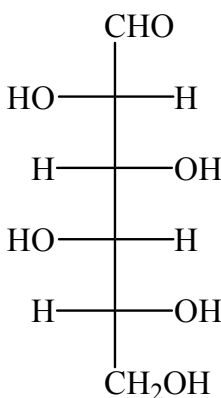
б) Для наведеної нижче циклічної форми цукру записати реакцію окиснення аміачним розчином оксиду срібла.



в) Яку масу кукурудзяних зерен необхідно використати для одержання спирту масою 31 кг з масовою часткою етанолу 96%, якщо вихід спирту складає 60%? Масова частка крохмалю в кукурудзяних зернах складає 70%.

23. а) Для наведеної нижче ланцюгової форми цукру навести циклічні форми.

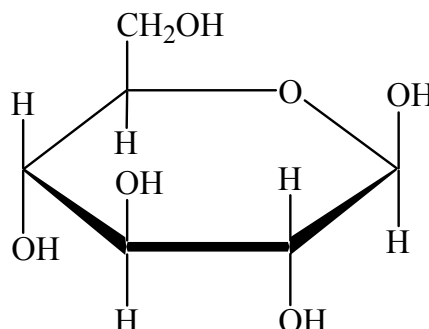
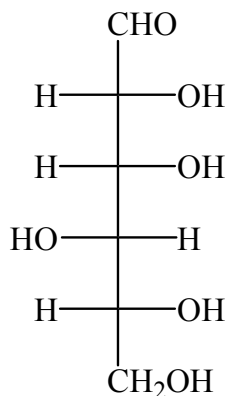
б) Для наведеної нижче циклічної форми цукру записати реакцію окиснення аміачним розчином оксиду срібла.



в) Яку масу кукурудзяних зерен необхідно використати для одержання спирту масою 32 кг з масовою часткою етанолу 96%, якщо вихід спирту складає 60%? Масова частка крохмалю в кукурудзяних зернах складає 70%.

24. а) Для наведеної нижче ланцюгової форми цукру навести циклічні форми.

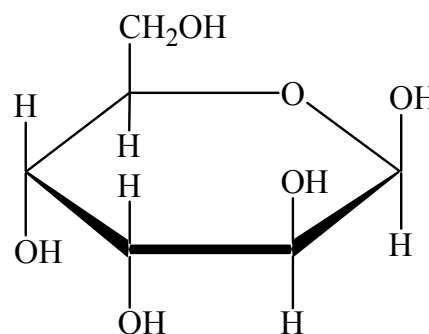
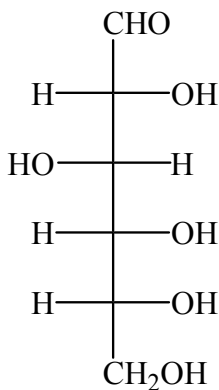
б) Для наведеної нижче циклічної форми цукру записати реакцію окиснення аміачним розчином оксиду срібла.



в) Яку масу кукурудзяних зерен необхідно використати для одержання спирту масою 33 кг з масовою часткою етанолу 96%, якщо вихід спирту складає 60%? Масова частка крохмалю в кукурудзяних зернах складає 70%.

25. а) Для наведеної нижче ланцюгової форми цукру навести циклічні форми.

б) Для наведеної нижче циклічної форми цукру записати реакцію окиснення аміачним розчином оксиду срібла.



в) Яку масу кукурудзяних зерен необхідно використати для одержання спирту масою 34 кг з масовою часткою етанолу 96%, якщо вихід спирту складає 60%? Масова частка крохмалю в кукурудзяних зернах складає 70%.

Використані джерела

1. Глинка Н. Л. Задачи и упражнения по общей химии. учебное пособие для вузов / Н. Л. Глинка ; под ред. В. А. Рабиновича и Х. М. Рубиной. – 21-е изд., перераб. и доп. – Л. : Химия, 1980. – 280 с.
2. Хомченко Г. П. Задачи по химия для поступающих в вузы : учеб. пособие / Г. П. Хомченко, И. Г. Хомченко. – М. : Высш. шк., 1987. – 238 с.
3. Васильев В. П. Аналитическая химия. Сборник вопросов, упражнений и задач : пособие для вузов / В. П. Васильев, Л. А. Кочергина, Т. Д. Орлова; под ред. В. П. Васильева. – 4-е изд., стереотип. – М. : Дрофа, 2006. – 318 с.
4. Комарь Н. П. Сборник задач, упражнений и вопросов по курсу качественного анализа / Н. П. Комарь. – Харьков : Издательство Харьковского Государственного университета им. А. М. Горького, 1952. – 231 с.
5. Лурье Ю. Ю. Справочник по аналитической химии : Справ. изд. – 6-е изд., перераб. и доп. / Ю. Ю. Лурье. – М. : Химия, 1989. – 448 с.
6. Краткий справочник физико-химических величин / Под ред. К. П. Мищенко, А. А. Равделя. – 4-е изд. перераб. и доп. – М. : Химия, 1965. – 160 с.

ДОДАТКИ

Додаток А

Таблиця А.1 – Відносні атомні маси деяких елементів

Символ елемента	Атомний номер	<i>Ar</i>
Al	13	26,98
Sb	51	121,76
As	33	74,92
Ba	56	137,33
Br	35	79,90
Cd	48	112,41
Ca	20	40,08
C	6	12,01
Cl	17	35,45
Cr	24	52,00
Co	27	58,93
Cu	29	63,55
F	9	19,00
Au	79	196,97
H	1	1,01
I	53	126,90
Fe	26	55,85
Li	3	6,94
Mg	12	24,30
Mn	25	54,94
Hg	80	200,59
Mo	42	95,94
Ni	28	58,69
N	7	14,01
O	8	16,00
P	15	30,97
K	19	39,10
Sc	21	44,96
Se	34	78,96
Si	14	28,09
Ag	47	107,87
Na	11	22,99
Sr	38	87,62
S	16	32,07
Sn	50	118,71
Zn	30	65,39

Таблиця А.2 – Термодинамічні величини для простих речовин і сполук ($\Delta H_{f,298}^0$ – стандартні ентальпії утворення, S_{298}^0 – стандартні ентропії) [6]

Речовина	$\Delta H_{f,298}^0$, кДж/моль	S_{298}^0 , Дж/мольК
Cl ₂	0	223,0
CO _(г)	-110,5	197,4
CO _{2(г)}	-393,51	213,6
COCl _{2(г)}	- 223,0	289,2
CaCO _{3(т)}	-1206	92,9
CaO _(т)	- 635,1	39,7
Ca(OH) _{2(т)}	- 986,2	83,4
H _{2(г)}	0	130,6
HCl _(г)	- 92,30	186,7
H ₂ O _(г)	- 241,84	188,74
MgO _(т)	- 601,24	26,94
Mg(OH) _{2(т)}	- 924,66	63,14
N _{2(г)}	0	191,5
NH _{3(г)}	- 46,19	192,50
NH ₄ Cl _(т)	- 315,39	94,56
NO _(г)	90,37	210,62
NO _{2(г)}	33,89	240,45
N ₂ O _{4(г)}	9,37	304,3
O _{2(г)}	0	205,03
S _{2(г)}	129,1	227,7
SO _{2(г)}	- 296,9	248,1
SO ₂ Cl _{2(г)}	- 358,7	311,3
SO _{3(г)}	- 395,2	256,23
CH _{4(г)}	- 74,85	186,19
C ₂ H _{4(г)}	52,28	219,4
C ₂ H _{6(г)}	- 84,67	229,5
C ₆ H _{6(г)}	82,93	269,2
C ₆ H _{12(г)}	- 123,1	298,2
CH ₃ OH _(г)	- 201,2	239,7
C ₂ H ₅ OH _(г)	- 235,3	282,0
CH ₃ CHO _(г)	- 166,0	264,2

Додаток Б

№ варіанту	Номери завдань даного варіанта за розділами											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2.	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
3.	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
4.	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
5.	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
6.	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
7.	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
8.	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
9.	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
10.	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
11.	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11
12.	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
13.	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13
14.	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
15.	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
16.	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16
17.	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17
18.	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18
19.	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19
20.	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
21.	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21
22.	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22
23.	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23
24.	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
25.	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
26.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
27.	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
28.	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
29.	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
30.	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
31.	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
32.	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
33.	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
34.	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
35.	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
36.	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11
37.	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
38.	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13
39.	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14

Продовження додатка Б

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
40.	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
41.	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16
42.	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17
43.	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18
44.	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19
45.	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
46.	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21
47.	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22
48.	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23
49.	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
50.	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
51.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
52.	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
53.	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
54.	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
55.	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
56.	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
57.	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
58.	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
59.	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
60.	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
61.	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11
62.	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
63.	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13
64.	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
65.	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
66.	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16
67.	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17
68.	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18
69.	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19
70.	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
71.	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21
72.	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22
73.	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23
74.	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
75.	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
76.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
77.	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
78.	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
79.	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
80.	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5

Закінчення додатка Б

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
81.	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
82.	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
83.	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
84.	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
85.	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
86.	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11
87.	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
88.	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13
89.	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
90.	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
91.	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16
92.	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17
93.	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18
94.	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19
95.	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
96.	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21
97.	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22
98.	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23
99.	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
100.	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25

Виробничо-практичне видання

МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ

до виконання самостійної, контрольної та розрахунково-графічної роботи

з навчальної дисципліни

«ХІМІЯ»

*(для студентів I курсу денної та заочної форм навчання, спеціальності
206 – Садово-паркове господарство, 205 – Лісове господарство,
192 – Будівництво та цивільна інженерія освітня програма «Гідротехніка
(водні ресурси)»), 183 – Технології захисту навколишнього середовища)*

Укладачі : **ЗАЙЦЕВА** Інна Сергіївна,
ПАНАЙОТОВА Тетяна Дмитрівна,
МУРАЄВА Ольга Олексіївна

Відповідальний за випуск *Т. Д. Панайотова*

За авторською редакцією

Комп'ютерне верстання *І. В. Волосожарова*

План 2016, поз. 158 М

Підп. до друку 19.05.2017. Формат 60 × 84/16.

Друк на ризографі. Ум. друк. арк. 4,1

Тираж 50 пр. Зам. №

Видавець і виготовлювач:

Харківський національний університет
міського господарства імені О. М. Бекетова,
вул. Маршала Бажанова, 17, Харків, 61002.

Електронна адреса: rectorat@kname.edu.ua

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:

ДК № 5328 від 11.04.2017.